

EVALUACIÓN ECONÓMICA PARA LA PRESTACIÓN DEL SERVICIO DE ENERGÍA
ELÉCTRICA AL CORREGIMIENTO DE LA PEÑA – SABANALARGA POR MEDIO DE
LOS LINEAMIENTOS FAZNI

ALDAIR JESUS ACUÑA CARPIO



UNIVERSIDAD DE LA COSTA, BARRANQUILLA

FACULTAD DE INGENIERÍA

INGENIERÍA ELÉCTRICA

BARRANQUILLA

2019

EVALUACIÓN ECONÓMICA PARA LA PRESTACIÓN DEL SERVICIO DE ENERGÍA
ELÉCTRICA AL CORREGIMIENTO DE LA PEÑA – SABANALARGA POR MEDIO DE
LOS LINEAMIENTOS FAZNI

ALDAIR JESUS ACUÑA CARPIO

Proyecto de grado presentado para obtener el título de Ingeniero Eléctrico

Tutor del proyecto:

MSc. JOHN WILLIAM GRIMALDO

Cotutor del proyecto:

MSc. JOSÉ RICARDO NUÑEZ ÁLVAREZ

UNIVERSIDAD DE LA COSTA, BARRANQUILLA

FACULTAD DE INGENIERÍA

INGENIERÍA ELÉCTRICA

BARRANQUILLA

2019

Nota de Aceptación

Presidente del Jurado

Jurado

Jurado

Barranquilla, marzo de 2019

Dedicatoria

Dedico este logro primeramente a mi Señor Jesús pues gracias a Él todo es posible, que siempre me ha guiado, me ha protegido e iluminado en los momentos más difíciles de mi vida.

Gracias a mis padres Cristino y Bolfeny por haberme ayudado en todo este largo camino, por su apoyo incondicional, por sus consejos y sus buenos deseos.

Gracias a mis hermanos Romario y Ronaldo que me han ayudado durante esta etapa y a los cuales les dedico este logro de mi vida personal para que les sirva de guía.

A mis abuelos Berta Pérez y Gustavo Carpio, que aunque no esté en vida, su presencia siempre la he sentido.

Gracias a mi Tía Mari y a mis primas Leyla y Karen por la ayuda brindada a mi familia, el gran amor incondicional para conmigo y mi familia se los agradeceré eternamente.

Gracias a todas las personas que me han apoyado y me han brindado su amor y ayuda para que salga adelante

Aldair Jesús Acuña Carpio.

Agradecimientos

Agradezco primeramente a Dios por haber permitido llegar hasta este punto, pues reconozco que todas las cosas son realizadas gracias a su misericordia.

Agradezco a mis maestros y tutores John William Grimaldo y José Núñez Álvarez, los cuales desde un principio me motivaron y me alentaron a ser mejor, por cada consejo, y sus recomendaciones para llevar a feliz término este proyecto.

Agradezco a mi amigo y hermano Anderson Jiménez Fonseca que siempre mantuvimos una gran amistad y siempre nos ayudamos durante todo el proceso de pregrado, de mi parte para él, mis mejores deseos y bendiciones en su vida personal y laboral.

Agradezco a mis amigos, Danilo Andrés Pedroza Barrios y Jean Anillo Vilorio por el apoyo brindado, consejos y ánimos que me daban para continuar y no rendirme en este desafío.

Gracias a todos.

Resumen

El interés de esta investigación surge debido a que en Colombia y específicamente en la Costa Atlántica existen zonas que no cuentan con el servicio de energía eléctrica o tienen una prestación deficiente. Este servicio permite a las comunidades generar progreso y mejorar la calidad de vida de los habitantes. En la investigación se evalúan alternativas de proyectos para definir la mejor opción técnico-económica para la prestación del servicio de energía eléctrica en el corregimiento de La Peña – Sabanalarga. El análisis que se realiza tiene en cuenta las leyes, normas y decretos que abarcan los proyectos FAZNI, Fondo de Apoyo Financiero para la Energización de las Zonas No Interconectadas, los cuales que están definidos por el artículo 82 de la ley 633 de 2000. Dichos fondos provienen de una cuenta especial del Ministerio de Minas y Energía (MME) sin personería jurídica, sujeto a las normas y procedimientos vigentes (Electricaribe, 2017). Los recursos FAZNI proceden en su totalidad de la cuenta del Ministerio de Hacienda y Crédito Público y de los recursos que canaliza el gobierno debido a las diferentes fuentes públicas y privadas. Como resultado del proyecto se obtiene una comparación de diferentes escenarios mediante variaciones técnicas y económicas con el fin de brindar el servicio de energía eléctrica al corregimiento La Peña – Sabanalarga, ZNI. Los resultados finales arrojan que la mejor solución para atender la necesidad del servicio eléctrico es mediante la creación de una Red de Media tensión conectada al Sistema Interconectado Nacional (SIN).

Palabras clave: Fondo de Apoyo Financiero para la Energización de las Zonas No Interconectadas (FAZNI), Sistema interconectado nacional (SIN), Energía renovable

Abstract

The interest of this investigation arises because in the Atlantic Coast there are areas that do not have electricity service or have a poor provision. This service allows communities to generate progress and improve the quality of life of the inhabitants. This research will evaluate project alternatives to define the best technical-economic option for the electric power service in the village of La Peña - Sabanalarga. This analysis takes into account the laws, norms and decrees that cover the FAZNI projects, Financial Support Fund for the Energization of Non-Interconnected Zones, which are defined by Article 82 of Law 633 of 2000; these are a special account fund of the Ministry of Mines and Energy (MME) without legal status, subject to applicable regulations and other applicable regulations (Electricaribe, 2017). The FAZNI resources come entirely from the nation and from the resources channeled by the government due to different public and private sources. As a result of the project, a comparison of scenarios was obtained through technical and economic variations to energize La Peña - Sabanalarga, ZNI, the final results show that through the creation of a Medium Voltage Network connected to the National Interconnected System (SIN) is the better solution to meet the need for electric power service.

Keywords: Financial Support Fund for Energy from Non-Interconnected Zones (FAZNI), National Interconnected System (SIN), Renewable Energy

Contenido

Lista de tablas y figuras.....	10
Introducción.	16
Justificación.....	19
Planteamiento del Problema.....	20
Alcance	21
Objetivos	22
Objetivo General.....	22
Objetivos Específicos.	22
Metodología	23
Antecedentes	24
Estado del arte	33
Política energética.....	34
Marco legal para las Zonas No Interconectadas (ZNI).....	35
Soluciones energéticas.....	40
Presentación y registro de proyectos	43
Evaluación económica	47
Recursos disponibles FAZNI para nuevos proyectos.....	47
Diseño de los Escenarios a Evaluar.....	51

Análisis topográfico de La Peña-Sabanalarga.....	55
Lineamientos FAZNI para la proposición de escenarios	58
Escenario 1 – Implementación de paneles fotovoltaicos para cada consumidor residencial y comercial sin baterías.	58
Escenario 2 -Implementación de red MT de 13.2 kV con generación mediante parques solares fotovoltaicos.	59
Escenario 3 - Implementación de red MT de 13.2 kV conectado al Sistema Interconectado Nacional (SIN).	60
Resultados Obtenidos	62
Implementación de paneles fotovoltaicos para cada usuario sin baterías.....	73
Implementación de paneles fotovoltaicos para cada usuario con baterías.....	75
Implementación de una Red de Media Tensión de 13.2 kV para la distribución de la energía eléctrica mediante parques fotovoltaico	75
Implementación de Red de MT conectado al SIN.....	77
Comparación de escenarios.....	78
Conclusiones	82
Recomendaciones	84
Referencias	85
Anexos	99

Lista de tablas y figuras**Tablas**

Tabla 1. Tabla de problemas, causas y consecuencias.	18
Tabla 2. Marco legal para ZNI.	36
Tabla 3. Presupuesto aprobado en los años 2012 a 2016 por el CAFAER.....	41
Tabla 4. Presupuesto aprobado en los años 2012 a 2016 por el CAFAZNI	41
Tabla 5. Presupuesto aprobado en los años 2012 a 2016 por el PRONE	42
Tabla 6. Secuencia del procedimiento de aprobación FAZNI	46
Tabla 7. Tabla de recursos invertidos en el 2017	47
Tabla 8. Tabla de proyectos FAZNI ejecutados en el año 2017	48
Tabla 9. Tabla de Comparación de los escenarios propuestos.....	61
Tabla 10. Propiedades Técnicas del panel solar Fotovoltaico CORA-250W.	62
Tabla 11. Propiedades Técnicas del inversor HRD	64
Tabla 12. Características del panel solar 200W 12V Policristalino Bauer	66
Tabla 13. Generación fotovoltaica en el municipio la Peña.	74
Tabla 14. Cotización de modelo 1 sin baterías.....	75
Tabla 15. Cotización de modelo 1 con baterías	75
Tabla 16. Cotización de modelo 2	76
Tabla 17. Cotización de modelo 3	77

Figuras

Figura 1. Ubicación geográfica del corregimiento de la Peña	17
Figura 2. Fondos de inversión del Ministerio de Minas y Energía	40
Figura 3: Evolución de la inversión en los fondos de inversión	42
Figura 4. Diagrama de procedimiento para aprobación de un proyecto FAZNI	46
Figura 5. Instalación de proyecto FAZNI en Córdoba	50
Figura 6. Montaje de paneles fotovoltaico en Córdoba.....	50
Figura 7. Irradiación Zona Norte Colombia	51
Figura 8. Irradiación del Departamento del Atlántico	52
Figura 9. Atlas de Viento y de Energía Eólica de Colombia	53
Figura 10. Vía de acceso a La Peña.....	55
Figura 11. Vías de acceso a La Peña	55
Figura 12. Vía de acceso a La Peña.....	55
Figura 13. Vías de acceso a La Peña	55
Figura 14. Embalse del Guajaro	56
Figura 15. Red MT 13.2 kV	57
Figura 16. Transformador de 50 kVA – 13.2 kV	57
Figura 17. Sitio de instalación de parque fotovoltaico 1	57
Figura 18. Sitio de instalación de parque fotovoltaico 2	57
Figura 19. Componentes y conectividad en generación solar.....	63
Figura 20. Conexión de paneles fotovoltaico.....	63
Figura 21. inversor de DC-AC	64
Figura 22. Componentes y conectividad en generación solar con baterías.	70

Figura 23. Distribución de la Red de Media Tensión con generación mediante parques fotovoltaicos.	71
Figura 24. Configuración horizontal	72
Figura 25. Configuración bandera.....	72
Figura 26. Esquema de MT del corregimiento de La Peña	76
Figura 27. Comparación de los escenarios propuestos.....	79
Figura 28. Comparación de los escenarios propuestos para una distancia de 20 km del SIN ..	81

Lista de Anexo

Anexo A. Clima en el 2019 Colombia	106
---	-----

Lista de siglas

ASIC	Administrador del Sistema de Intercambios Comerciales
BPIN	Banco de Programas y Proyectos de Inversión Nacional
CAFAZNI	Comité de Administración del FAZNI
CONPES	Consejo Nacional de Política Económica y Social
CREG	Comisión de Regulación de Energía y Gas.
DNP	Departamento Nacional de Planeación
FAER	Fondo de Apoyo Financiero para la Energización de las Zonas Rurales Interconectadas
FAZNI	Fondo de Apoyo Financiero para la Energización de las Zonas no Interconectadas
FNCR	Fuentes No Convencionales de Energías Renovables
HPWS	High Performance Work Syste – Sistema de trabajo de alto rendimiento
ICE	Instituto Colombiano de Energía eléctrica
IPSE	Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas
MME	Ministerio de Minas y Energía
MT	Media Tensión
PRONE	Programa de Normalización de Redes Eléctricas
SIN	Sistema Interconectado Nacional
UPME	Unidad de Planeación Minero Energética
ZNI	Zonas No Interconectadas

Glosario

CONPES	El consejo nacional de política económica y social tiene como objetivo principal asesorar al gobierno en materia de desarrollo económico y social, además estudia y recomienda políticas generales en las diferentes áreas. (MADS, 2018)
CREG	La comisión de regulación de energía y gas (CREG) tiene como objetivo lograr que los servicios de energía, gas y petróleo se presten al mayor número de personas al menor costo posible y garantizar la calidad, cobertura y expansión. (CREG, 2018)
ENERGÍA RENOVABLE	Las energías renovables son energías limpias que contribuyen a cuidar el medio ambiente. Frente a los efectos contaminantes y el agotamiento de los combustibles fósiles, las energías renovables son ya una alternativa. Las energías renovables están clasificadas en la Energía solar, eólica, biomasa, energía geotérmica, energía hidroeléctrica, hidrógeno, energía de los océanos y mucho más. (Renovable, 2018)
FAER	El objetivo del fondo de apoyo financiero para la energización de las zonas rurales interconectadas es financiar planes, programas y proyecto de inversión de grandes impactos, los cuales son previamente analizado y viabilizados desde el punto de vista técnico, económico, y financiero con el fin de contribuir a resolver la problemática de las zonas rurales. (MME, 2018)
FAZNI	El objetivo del fondo es financiar los planes, programas y proyectos de inversión en infraestructura energética en las zonas no interconectadas, de acuerdo a la ley y con las políticas de energización que para las ZNI ha sido determinado por el ministerio de minas y energía. (IPSE, 2019)
SIN	“Es el sistema compuesto por los siguientes elementos conectados entre sí: las plantas y los equipos de generación, la red de interconexión, las redes regionales e interregionales de transmisión, las redes de distribución, y las cargas eléctricas de los usuarios”. (MME, 2018)
ZNI	“Para todos los efectos relacionados con la prestación del servicio público de energía eléctrica se entiende por ZNI a los municipios, corregimientos, localidades, y caseríos no interconectados al SIN – Sistema Interconectado Nacional”. (MME, 2018)

Introducción.

Las Zonas No Interconectadas (ZNI) son zonas del país que necesitan de una alternativa de suministro eléctrico que sea capaz de producir, de manera autónoma y con calidad, energía eléctrica confiable y constante; (GÓMEZ, 2019) manteniendo un valor en los costos de generación semejante frente a los costos de la generación térmica, hídrica, entre otros; para que la factura que reciben los pobladores esté dentro de un margen acorde a los ingresos. Generalmente estas poblaciones cuentan con recursos económicos escasos.

Las ZNI se caracterizan por su baja densidad poblacional, descentralización de las viviendas, lejanía de los centros urbanos, dificultad de acceso y en algunos casos recursos naturales que se puede aprovechar como fuente de generación (MME, 2014). Debido a las condiciones topográficas y a las grandes distancias se generan altos costos para ser integradas al SIN, por lo que se utilizan estrategias utilizando los recursos energéticos de la zona y evitando el uso de las fuentes tradicionales como las plantas diésel (Flórez Acosta, Tobón Orozco, & Castillo Quintero, 2009).

El caso de estudio que nos ocupa, el corregimiento de La Peña, se encuentra ubicado a una distancia considerable de grandes zonas urbanas (ver **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**), siendo la más cercado el de Sabanalarga. Su población es de aproximadamente 10.000 habitantes (DANE, 2005), tienen limitantes económicas y su economía está basada en su mayor parte en el comercio, la pesca artesanal, la agricultura y la ganadería bovina. Es por esto que el gobierno busca promover el bienestar de la sociedad y la educación (Alcaldía Sabanalarga, 2019), por medio de proyectos de infraestructura educativa, de salud y de los servicios básicos como son el agua, la electricidad y el gas natural.



Figura 1. Ubicación geográfica del corregimiento de la Peña

Fuente: (Windy, 2019)

La carencia de energía eléctrica restringe y/o limita el progreso, impide la implementación de tecnologías que pueden mejorar la calidad de vida de los habitantes y colabora en la brecha de desigualdad (Bustos González, Sepulveda, & Triviño Aponte, 2014). En la Tabla 1 se presenta los impactos generados por la ausencia de un servicio eléctrico en la economía, el desarrollo y la calidad de vida.

Tabla 1.*Tabla de problemas, causas y consecuencias.*

ROBLEMÁTICA	CAUSAS	CONSECUENCIAS
Falta de servicio eléctrico	<ul style="list-style-type: none"> * Falta de gestión del gobierno. * Ningún aprovechamiento de los recursos naturales para la generación de energía renovable. * Desinterés de organizaciones sobre la región. 	<ul style="list-style-type: none"> * Imposibilidad de utilizar tecnología y aparatos eléctricos. * Retrasos en el avance tecnológico, educativo y social de la comunidad.
Deterioros económicos	<ul style="list-style-type: none"> * Falta de energía eléctrica para utilizar herramientas y equipos electrónicos. * Desinformación de las nuevas tendencias y oportunidades económicas. 	<ul style="list-style-type: none"> * Escases de ingresos económicos. * Escases de alimentos. * Productos y servicios con escaso valor agregado. * Bajas oportunidades de empleo.
Poco atractivo turístico	<ul style="list-style-type: none"> * Falta de luminaria nocturna por el corregimiento. * Pocos servicios de buena calidad al turista. 	<ul style="list-style-type: none"> * Bajo dinamismo económico. * Poco reconocimiento nacional e internacional.
Baja calidad de vida	<ul style="list-style-type: none"> * Falta de recursos eléctricos que facilitan las labores cotidianas. * Falta de actividades y eventos culturales. * Deficiencias informativas y educativas. 	<ul style="list-style-type: none"> * Altos índices de ignorancia y analfabetismo. * Aumento del ocio y de la delincuencia. * Incomodidades y falta de alternativas eficientes.

Fuente: (Energía solar, 2019)

El corregimiento posee una alta irradiación solar (Rodríguez Murcia, 2009) (Windy, 2019), que puede ser potencialmente aprovechada para diseñar y constituir un sistema de generación eléctrica utilizando paneles solares fotovoltaicos. El presente trabajo realiza una evaluación económica para la prestación del servicio de energía eléctrica al corregimiento de La Peña – Sabanalarga por medio de los lineamientos FAZNI a partir de los siguientes escenarios:

1. Implementación de paneles fotovoltaicos para los consumidores residenciales y comerciales, sin baterías y con baterías.
2. Implementación de una red de Media Tensión de 13.2 kV para la distribución eléctrica con generación mediante parques fotovoltaico.
3. Implementación de red de Media Tensión de 13.2 kV conectado al Sistema interconectado nacional (SIN).

Para cada caso se realiza la evaluación económica, el análisis comparativo de los escenarios para establecer una ruta sobre la selección de los proyectos entorno a su viabilidad técnica y económica. Los resultados obtenidos permiten identificar factores que no permiten la aprobación de los proyectos FAZNI.

Si bien este municipio cuenta con el servicio de energía eléctrica, sirve como ejemplo base para el estudio del crecimiento de la red eléctrica SIN, partiendo del concepto que la población de la peña es una ZNI; estos resultados permitirán crear juicios de valor que servirán para establecer rutas de selección de los proyectos y definir estrategias a las condiciones de la población. Desde el punto de vista gubernamental, permitirá realizar inversiones dirigidas con mayor efectividad e impacto; descartando opciones que puedan llevar a una pérdida de inversión a corto o mediano plazo.

Justificación.

El Estado ha promovido leyes e incentivos que benefician las iniciativas y proyectos que por medio del uso de fuentes renovables contribuyan al desarrollo de estas poblaciones, como también la creación de entidades encargadas de brindar apoyos financieros a las actividades que cumplan las condiciones de dichas leyes como lo es el Fondo de Apoyo Financiero para la Energización de las Zonas No Interconectadas (FAZNI) (Ministerio de Minas y Energía, s.f.).

La planificación energética juega un papel importante para el debido crecimiento de una región, principalmente por los elementos socioeconómicos que logran afectarse; en una ZNI sus indicadores sociales y económicos están limitados debido al acceso a los servicios públicos principalmente la energía eléctrica. Estudiar y analizar el crecimiento para generar planes de desarrollo es un reto que permitirá sacar el mejor provecho de los recursos económicos que provee el gobierno. Es por ello, que este trabajo plantea tres escenarios en base a una revisión de

la topológica del municipio La Peña y la política/normatividad actual referente al servicio de energía eléctrica en las ZNI. Por último, se realiza una evaluación de los escenarios según los diferentes proyectos propuestos para brindar el servicio de energía eléctrica utilizando principalmente la potencialidad solar y finalizando en la conexión con el SIN.

Escenarios como la instalación de una red de distribución son de gran importancia, debido al valor agregado que se entrega en términos de rentabilidad y factibilidad para futuros proyectos, principalmente para los que contemplan la implementación de generación distribuida (Esteve Gómez, 2011), y su facilidad una vez que el sistema ZNI es conectado al SIN.

El estudio de estos escenarios permite generar pautas para la planificación energética en materia de desarrollo departamental que incidirán en los indicadores de empleo, educación, salud, entre otros.

Planteamiento del Problema

Corregimientos similares a La Peña, que pertenecen a las ZNI, poseen problemáticas principalmente derivadas o relacionadas por la falta de servicio eléctrico. El suministro de energía eléctrica permite tener mejores condiciones para realizar todo tipo de actividad, por lo que contribuye al desarrollo humano. En estas poblaciones los niveles de educación son bajos, y están relacionados a la poca infraestructura existente; prestar un confiable servicio de energía eléctrica podría representar una reducción en las tasas de analfabetismo, ingreso a la educación online (gratuita), adquisición de tecnologías y equipos electrónicos que contribuyan en la salud pública, mejorando así la calidad de vida de la comunidad. Además, podrían mejorar la visibilidad turística, formalizar mayor cantidad de trabajos y aumentar la infraestructura de la zona. (twenergy, 2011)

Mejorar la calidad de vida por medio de la implementación de sistemas generación de energía alternativa puede contribuir a la solución de las problemáticas, para permitir el progreso en sus dimensiones sociales y económicas sin afectar el medio ambiente. El problema de investigación que define este proyecto es: ¿Es viable implementar un sistema que permita el abastecimiento de energía eléctrica sin necesidad de estar conectado al SIN?

Alcance

Este proyecto busca realizar un análisis de tres alternativas de energización en las zonas no interconectadas en Colombia a partir de la tecnología de energía renovable solar. Los estudios tendrán en cuenta el futuro crecimiento de la población, para poder definir cuál es la mejor forma de energizar una Zona No Interconecta teniendo en cuenta los parámetros que las leyes, normas y decretos dictan para las mismas.

En este proyecto se analizan tres modelos los cuales se estudian para conocer cuál es la mejor variante para brindar el servicio de energía eléctrica en una ZNI desde el punto técnico-económico. Estos modelos son:

- Energización de la ZNI mediante energía fotovoltaica para cada carga residencial y comercial en el municipio, sin utilizar baterías y al utilizar baterías.
- Energización de la ZNI mediante la creación de una Red de Media tensión dentro del municipio conectado con generación de parques fotovoltaicos, sin utilizar baterías.
- Energización de la ZNI mediante la creación de una Red de Media tensión conectada al Sistema Interconectado Nacional (SIN).

En todos los modelos se plantea un análisis económico para evaluar la viable para una ZNI teniendo en cuenta el crecimiento poblacional que tendrá con el transcurrir de los años, por ello es importante haber tomado un pueblo como la Peña que se conoce el crecimiento de la red de distribución; permitiendo generar pautas en relación a la expansión y la población.

La investigación se limitará en utilizar valores de costo de materiales y equipos, evitando presupuesto de mano de obra y mantenimiento, debido a la variabilidad que existe y los márgenes de utilidad que la empresa utiliza al realizar los proyectos.

Objetivos

Objetivo General.

Evaluar escenarios para la prestación del servicio de energía eléctrica en un corregimiento por medio de generación con Fuentes No Convencionales de Energía Renovables bajo los lineamientos FAZNI.

Objetivos Específicos.

1. Describir la topología del corregimiento de La Peña – Sabanalarga para la implantación del servicio de energía eléctrica.
2. Relacionar las características técnico-económicas para la implementación del servicio de energía eléctrica en el corregimiento de La Peña bajo los lineamientos FAZNI.
3. Comparar los escenarios formulados para la prestación del servicio de energía eléctrica en el corregimiento de La Peña.

Metodología

El desarrollo de este proyecto de investigación implica la revisión de normas, leyes y reglamentación colombiana para establecer los límites económicos, la visita de campo para establecer las condiciones demográficas, de recursos y de infraestructura de la zona; y la evaluación de escenarios para el suministro de energía eléctrica.

Se inició con el análisis de la topología del corregimiento de La Peña-Sabanalarga por medio de una visita de campo y con ayuda del software BDI de la empresa Electricaribe, que actualmente es el operador de red local de la costa atlántica, del software se tomaron datos como las vías de accesos, infraestructura eléctrica de la zona y se mapeó la red de distribución presente en el corregimiento, se tomaron los datos de la distancia de los conductores, transformadores y usuarios que conforman el sistema del municipio. Todos estos resultados fueron usados para establecer los diferentes escenarios analizados.

La revisión de la bibliografía referente a la normativa en Colombia entorno a las ZNI permitió relacionar pautas, límites de inversión y metodologías para la evaluación de los impactos sociales, ambientales y económicos analizados para determinar la aprobación de estos proyectos, y que sirvan como límites de los escenarios propuestos.

Por otra parte, se realizan comparaciones económicas para evaluar los escenarios y definir estrategias para la planificación estratégica, específicamente para la prestación del servicio de energía eléctrica en el municipio de La Peña. Los resultados evalúan escenarios para el desarrollo de ZNI, para dar valor estratégico y definir una ruta de crecimiento para la red eléctrica colombiana.

Antecedentes

Las Zonas No Interconectadas en Colombia son un asunto de gran interés debido a las metas que se tienen sobre la cobertura de prestación del servicio de energía eléctrica; muchas de estas zonas poseen el servicio debido a la generación por medio de combustibles fósiles, la fluctuación en los precios y el aumento de la demanda (Grimaldo Guerrero, Mendoza Becerra, & Reyes Calle, Mayo 2017), hacen que estos estudios tomen mayor relevancia. En la actualidad se han realizado numerosas iniciativas para encontrar la solución óptima al abastecimiento de energía de dichas áreas, entre ellos tenemos los siguientes proyectos de índole nacional:

Departamento de Amazonas:

- Centro de salud La Chorrera. Este lugar cuenta con:
- una planta diésel solar. Posee un sistema híbrido con un campo de generación fotovoltaica de 3.6 kW, con conexiones eléctricas interiores y exteriores y sala de equipos en pleno funcionamiento. Este sistema está funcionando desde el 9 de noviembre de 2011.
- Implementación de solución energética para ubicaciones de Santaren, Puerto Rico, Puerto Huila, Puerto Nuevo, Providencia, Puerto Colombia y Puerto Faraón del departamento de Amazonas. Esta solución cubre una población de 1.026 residentes, 171 usuarios.
- Construcción de 76 unidades individuales con servicios básicos de Electrificación rural con sistemas fotovoltaicos en comunidades como Pupufía, Buenos Aires, distrito de Tarapacá y Puerto Córdoba en el departamento de Amazonas (Hernández, Trujillo, & Santamaría, 2015).

Departamento de Arauca.

Arauca se ubica en el extremo norte de La Comarca del Orinoco. Cuenta con un proyecto piloto desarrollado por la empresa de potencia Arauca, ENELAR [Empresa de Energía de Arauca], que es:

- El primer prototipo de sistema de electrificación fotovoltaica, desarrollado en el municipio de Cravo Norte con un poder de alrededor de 720 Wp, para dar servicio a la comunidad con energía fotovoltaica.

Departamento del Chocó

Este departamento ha sido uno de los más apoyados por entidades, tanto colombianas como internacionales sin fines de lucro, para la implementar soluciones de energía limpia en ZIN:

- Proyecto Lights to Learn. En 2012, la asamblea piloto se llevó a cabo en cinco escuelas en Choco entre ellas están Las Mercedes, Bocas del Purdu, Loma de Belén, IE Barranco y la comunidad indígena de la escuela José Melanio Tunay. Entre 2013 y 2014 se implementaron sistemas fotovoltaicos en otras 103 escuelas del departamento.
- El proyecto en el municipio de Titumate se ubica en la zona costera del Atlántico donde el IPSE desarrolló un Sistema Híbrido Solar-Diesel con una potencia de alrededor de 100 kWp. Con esta solución benefició a más de 600 residentes del municipio (Hernandez, Trujillo, & Santamaría, 2015).
- El caso Titumate – Chocó, el 25 de septiembre de 2013 se inauguró la ampliación del sistema de generación de energía eléctrica híbrido Solar-Diésel y gracias al cual ahora

el corregimiento cuenta con este servicio las 24 horas del día. Anteriormente solo se prestaba el servicio durante 4 horas diarias y había una capacidad instalada de 25 kW la cual se amplió a 135 kW. Este proyecto, que fue implementado por el Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas para las Zonas No Interconectadas – IPSE y entregado por su director al alcalde del municipio de Unguía, produce electricidad para la localidad con un 70% de energía proveniente del sol y un 30% con el combustible fósil diésel, lo que hace que haya una alta reducción de emisiones de CO₂ al ambiente. Este sistema tuvo un costo total de \$2.400 millones y provee a 106 cargas residenciales y comerciales. Además, el proyecto redundó en grandes beneficios para la comunidad, elevando los indicadores de calidad de vida, e instalando tecnología de punta. El caso de Titumate, se convierte en un ejemplo para replicar, no solo en el resto del Chocó, sino también en las demás Zonas No Interconectadas del país que cuenten con el recurso solar. (Gamboa Palacios, 2016)

Departamento de la Guajira

Se encuentra en la parte norte del país, tiene los mejores recursos de energía solar y eólica, debido a la ubicación estratégica de este departamento. Varias instituciones han mostrado interés en desarrollar proyectos por fuentes de energía no convencionales (NCES), especialmente fotovoltaica y eólica. Además, sistemas híbridos han sido implementados, que combina tecnologías limpias con diésel.

- En los asentamientos rurales municipales de Nazaret y Puerto Estrella, en el municipio de Uribí, se encuentra el más grande Sistema fotovoltaico del país en ZIN. Es un sistema de alimentación de red fotovoltaica, que consta de 8 rastreadores solares con una capacidad

instalada de 100 kWp. Esto también forma un Sistema híbrido Solar–Diesel que alcanza una capacidad instalada cercana a 400 kWp, Estas comunidades podrán recibir energía eléctrica a través de diferentes fuentes, como son: La fotovoltaica, con seguidores solares; la eólica, por medio de aerogeneradores mono pala (prototipo) y plantas eléctricas a base de ACPM. En el proyecto se incluyeron las subestaciones eléctricas, las líneas de interconexión y las redes de distribución de media y baja tensión. Se tiene previsto que, con este parque, de 650 kilovatios de potencia instalada se beneficiarán 490 usuarios, y se planea llegar a beneficiar a 1.432 habitantes en Puerto Estrella y 5.235 en Nazareth (contando con residentes no conectados).

- En el poblado rural del municipio Flor del Paraíso, municipio de Uribia, existe un Sistema híbrido Viento-Solar-Diesel con disponibilidad las 24 horas para proporcionar energía en un colegio infantil y a un centro de salud. De la capacidad total instalada, 2.9 kWp son fotovoltaica y 5 kW son eólicos. (Hernandez, Trujillo, & Santamaría, 2015)
- Un sistema híbrido Eólico-Solar con baterías para zonas no Interconectadas, fue propuesto y simulado para abastecer de energía a 49 usuarios de la ranchería Ishiruwo localizada en el Departamento de La Guajira (Colombia). Un High Performance Work Syste (HPWS con baterías se compone por el arreglo fotovoltaico, las turbinas eólicas, el banco de baterías, los inversores, los controladores, cables y otros componentes. Para saber su correcto funcionamiento, el sistema se evalúa técnicamente y luego económicamente. Los resultados muestran que existe un comportamiento inversamente proporcional entre los 2 objetivos evaluados. La solución elegida revela un bajo costo, si presenta alta confiabilidad, sugiriendo que es mejor utilizar un sistema totalmente

fotovoltaico, pues el costo de las turbinas eólicas resultó ser oneroso. (Castillo Ramírez, Villada Duque, & Valencia Velásquez, 2014)

Departamento del Vichada

- Sistema solar de 2.8 kWp instalado por el antiguo ICEL (Instituto Colombiano de Energía Eléctrica, hoy IPSE): en la Venturosa, Vichada, en 1996. Suministra energía a 120 V AC a una comunidad de 12 familias y un centro escolar. Gracias a este tipo de generación se logra dar alcance en el suministro de energía eléctrica a comunidades alejadas. (GÁLVIZ GARZÓN & GUTIÉRREZ GALLEGO, 2013)

Departamento de Bolívar

- Isla Fuerte, es un corregimiento de Cartagena de Indias que hace parte del Área Marina Protegida de Nuestra Señora del Rosario y San Bernardo, habitada por 2 mil habitantes, en su mayoría por comunidades tradicionales. El Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas para Zonas no Interconectadas – IPSE (entidad adscrita al Ministerio de Minas), fue el encargado de lograr en 8 meses la instalación de un Centro de Innovación Tecnológica con énfasis en combustibles gaseosos y energía solar. Este es un proyecto piloto que ha permitido el mejoramiento de la calidad de vida de todos sus pobladores y continúa desarrollando acciones positivas gracias a los líderes comunitarios y a la misma forma de organización comunitaria. El sistema de generación de energía consiste en dos plantas diésel de 270 kW y dos plantas solares de 25 kW cada uno, que son las encargadas de brindar energía durante el día a la escuela, al puesto de salud, al centro de acopio, a dos casas bioclimáticas y, en la noche, a toda la Isla. Este proyecto se va a ampliar para que toda la comunidad disponga de energía en el día.

Otros proyectos

- El gobierno colombiano a través del Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas para las Zonas no Interconectadas (IPSE) llevó a cabo la construcción del primer Parque de Poli Generación del país con fuentes eólica, solar y térmica. Con una inversión total de 8 mil millones de pesos.

Las Zonas No Interconectadas (ZIN) en Colombia representan el 52% de la tierra total del país, pero solo tienen un 5% de la población. Además, las ZIN están ubicados en áreas remotas con condiciones geográficas y naturales difíciles que hacen necesario la generación de energía eléctrica de forma local. La mayor parte del suministro de electricidad en ZIN son generadores diésel, pero estas áreas poseen buenos recursos para la energía solar, que aún no han sido utilizados. Los principales departamentos en los que se están llevando a cabo proyectos de energía fotovoltaica para las ZNI son: Amazonas, Arauca, Caquetá, Casanare, Cauca, Chocó, Guainía, Guajira, Meta, Nariño, Putumayo, San Andrés, Vichada y Vaupés, departamentos que cuentan con estadísticas de no conectividad al SIN (Hernandez, Trujillo, & Santamaría, 2015).

Estudios muestran que en las regiones con mayor potencial para el aprovechamiento de la energía solar en el territorio colombiano, ordenados de mayor a menor son los siguientes: Guajira, Costa Atlántica, Orinoquía – Amazonía, Región Andina y Costa Pacífica (Rodríguez Murcia, 2009) lo que ha inspirado abundantes iniciativas en pos de convertir el país en un miembro activo del desarrollo sostenible en materia energética. El corregimiento de La Peña, del Departamento del Atlántico, es categorizado como una de las regiones dónde puede haber un gran aprovechamiento para la energía fotovoltaica (Ospino Castro, 2010). La energía

fotovoltaica ha resultado ser una innovadora herramienta para suplir las necesidades en Colombia en zonas rurales y no interconectadas.

Utilizando diversos métodos de evaluación, incluyendo las simulaciones a través de softwares, se advierte que las Zonas No Interconectadas en Colombia podrían tener un cambio prometededor utilizando la energía fotovoltaica como fuente de energía. Tal es el caso de una reciente simulación realizada con el software HOMER que arrojó la factibilidad de suplir la necesidad de energía eléctrica con la fotovoltaica en distintas localidades no interconectadas, aunque indica que puede llegar a costar un alto precio, a largo plazo se convierte en la opción más favorable para estos lugares (Zuñiga & Botina, 2012).

Hitos de la normativa colombiana

El sector energético en Colombia ha evolucionado con el propósito de expandirse y mejorar la productividad con la implementación de energía fotovoltaica en las ZNI, a continuación, se listan las siguientes leyes, normas y decreto:

- Se creó la ley 29 de 1900 y el decreto 393 de 1991 para promover el uso racional de la energía (URE)
- En 1992 se insertó un documento llamado “Políticas en fuentes de energía, presente y futuro”. Su principal función era ordenar las fuentes alterna no convencionales de energía para las poblaciones urbanas y rurales.

En el documento se señala las funciones asignadas por el artículo 63 de la Ley 1 de 1984, correspondientes a:

- ✓ Promover la aplicación de fuentes alternas de energía mediante la utilización de recursos energéticos localmente disponibles, especialmente en áreas donde los servicios públicos son deficientes.
 - ✓ Evaluar y supervisar la ejecución de proyectos en zonas aisladas.
 - ✓ Evaluar el potencial de FNCE.
 - ✓ Efectuar estudios para el desarrollo de las FNCE con el fin de formular políticas a nivel nacional.
- Mediante la Ley 164 de octubre de 1994 y el artículo 1º de la Ley 7ª de 1994, el Congreso de la República aprobó la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático de 1992. Encaminado a enfrentar los GEI (Gases de efecto Invernadero) y el cambio climático por medio de una política global.
 - En 1994 se reestructuró la expedición de las Leyes 142 y 143; en la cuales se establecieron límites en cuanto a actividades de funcionamiento del sector energético: generación, transmisión, distribución y comercialización para las SIN y ZNI. Se le asignó a la UPME elaborar el Plan Energético Nacional (PEN) y el Plan de Expansión del sector eléctrico.
 - El INEA elaboró el Plan de Desarrollo de Energías Alternativas 1996-1998, publicado en febrero de 1995. Este trataba acerca de una recopilación de proyectos.
 - Se creó el Plan Energético Nacional (PEN) 1997-2010 “Autosuficiencia Energética Sostenible”, el cual es un documento que presenta ideas, perspectivas, retos, requerimientos y competencias sobre el desarrollo futuro del sector energético colombiano, en este se ratificó la Convención Marco por parte del Congreso, respecto a las emisiones del GEI.
 - En diciembre del año 2000, se aprobó la Ley 620, la cual trataba acerca del “Protocolo de Kioto de la Convención Marco de las Naciones Unidas Sobre el Cambio Climático”,

favoreciendo a Colombia en cuanto a uso del Mecanismo Desarrollo Limpio previsto en dicho Protocolo.

- Colombia se acogió al Protocolo de Kioto, el cual ratificó mediante la Ley 697 del 2000. Dicho protocolo está encaminado a disminuir los efectos del cambio climático por la contaminación ambiental.
- Mediante la ley 697 de 2001, se fomentó el uso racional y eficiente (URE) de energía en Colombia, el cual adoptó normas y estrategias para garantizar la satisfacción de las necesidades energéticas (eficiencia).
- Para impulsar el uso de fuentes alternas de energía (Solar Fotovoltaica), se creó el Decreto 3652 y 3683 de 2003, los cuales establecen el programa de Uso Racional y Eficiente de Energía y demás Formas de Energía No Convencionales – PROURE.
- Actualmente existe la Ley 143 de 1994, la cual establece el régimen de las actividades de generación, interconexión, transmisión, distribución y comercialización de electricidad, de acuerdo a actividades legales correspondientes al MME (Ministerio de Minas y Energía).
- Mediante la resolución 18 0919 de junio de 2010, se promueve la utilización de energías alternativas.
- La ley 1715 de 2014, se creó con el fin de reglamentar la integración de las energías renovables no convencionales al SIN, dentro de sus funciones delega a la CREG establecer tarifas para la energía solar FV, también regula la venta de créditos o excedentes de energía entregados a la red de distribución y transporte para auto generadores que produzcan menos de (5 MW), apoya la utilización de fuentes locales para producción de energía a través del Fondo de Energías no Convencionales y Gestión Eficiente de la Energía (FENOGE).

- Los lineamientos de la política energética general vigente se encuentran en el PEN 2050, el cual presenta ideas, perspectivas, retos, requerimientos, competencias y panorama del sector energético (Gómez Ramírez, Murcia Murcia, & Cabeza Rojas, 2017).

Una reciente investigación sobre los impactos ambientales de la energía solar en la región caribe demostró ser la opción más viable para la región ya que concluye que la energía fotovoltaica “presenta numerosos impactos positivos debidos a la generación de empleo, la disponibilidad de energía en zonas no-interconectadas, la generación de nuevo conocimiento, entre otros.” (Pasqualino, Cabrera, & Chamorro, 2014).

Estado del arte

Las Zonas No Interconectadas son un tema de gran relevancia no solo a nivel local, sino mundial, varios países implementan generación renovable para dar solución a esta problemática. Un ejemplo que vale la pena mencionar es Francia, en el cual la implementación de energía fotovoltaica fue la solución a la carencia de energía en sus diferentes islas, más específicamente, en el departamento de Córcega y algunas Islas Británicas. Estos territorios, también llamados NIZ – *Non Interconnected Zone*, están aisladas de las redes que están conectadas a la Red Eléctrica Continental. Se buscó que se generara energía con la calidad de servicio requerida por el marco regulatorio francés en estas áreas a través de un proyecto llamado PEGASE, dónde se demostró que la energía fotovoltaica es una alternativa de generación exitosa capaz de suplir a esas carencias (Callec, Caumon, Capely, & Radvanji 2017). Además, el país fomenta el autoconsumo y la transición energética, ya que es una modalidad de producción de energía no solo en el país sino en toda Europa, la ley para la Transición Energética y el Crecimiento Verde

fue emitida en el 2015, tiene como uno de sus objetivos principales introducir la energía renovable en las zonas no interconectadas. (González, 2017).

Política energética

En el presente capítulo se presentan las leyes usadas para ejecutar un proyecto con la ayuda del Fondo de Apoyo Financiero para la Energización de las Zonas No Interconectadas (FAZNI). Se realizan apartados de los artículos de importancia para esta investigación. El artículo 2.2.3.3.2.1 presenta la naturaleza del fondo FAZNI, donde expresa como objetivo el de financiar los planes, programas y proyecto de inversión en infraestructura energética en las zonas no interconectadas (ZNI), para suplir las necesidades de energía en las zonas de Colombia conforme a los lineamientos políticos establecidos por el Consejo Nacional de Política Económica y Social (MINISTERIO, 2018).

El artículo 2.2.3.3.2.2 indica las vías de recaudo del recurso, establecido por el artículo 81 de la ley 633 de 2000, prorrogado en su vigencia por el artículo 40 la Ley 1715 mayo de 2014 hasta el 31 de diciembre de 2021, de conformidad con la aclaración efectuada mediante Decreto 142 de 2015, estará a cargo del Administrador del Sistema de Intercambios Comerciales –ASIC durante la venta de energía eléctrica. (MINISTERIO, 2018). Se destacan los siguientes artículos:

- ✓ **ARTÍCULO 2.2.3.3.2.3. *Inversión Temporal.*** La administración e inversión temporal de los recursos y rendimientos provenientes del Fondo de apoyo Financiero para Energización de Zonas No Interconectadas, FAZNI, estará a cargo de la Dirección General de Crédito Público y del Tesoro Nacional del Ministerio de Hacienda y Crédito Público. Para tales efectos, la mencionada Dirección determinará la cuenta a la que deberán ser girados los recursos del mencionado Programa. (MINISTERIO, 2018)

- ✓ **ARTÍCULO 2.2.3.3.2.4. *Destinación de los recursos*** Los recursos del Fondo de Apoyo Financiero para la Energización de las Zonas No Interconectadas, FAZNI, y los rendimientos que generen la inversión temporal de sus recursos, se utilizarán de acuerdo con la ley y con las políticas de energización que para las zonas no interconectadas determine el Ministerio de Minas y Energía, conforme con los lineamientos de política establecidos por el Consejo Nacional de Política Económica y Social en documentos tales como el CONPES 3108 de 2001 y 3453 de 2006, para financiar planes, programas y/o proyectos priorizados de inversión para la construcción e instalación de la nueva infraestructura eléctrica y para la reposición o la rehabilitación de la existente, con el propósito de ampliar la cobertura y procurar la satisfacción de la demanda de energía en las Zonas No Interconectadas. (MINISTERIO, 2018)

Marco legal para las Zonas No Interconectadas (ZNI)

El Consejo Nacional de Política Económica y Social (CONPES) fue creado por la Ley 19 de 1958, ésta es la máxima autoridad nacional de planeación y se desempeña como organismo asesor del Gobierno en todos los aspectos relacionados con el desarrollo económico y social del país (Alcaldía de Bogotá, 2018), a través de este organismo se ha permitido la gestión de la normativa.

En la Tabla 2 se presenta el marco legal que rigen las zonas no interconectadas (ZNI). Las leyes, decretos y normas mostradas comprenden los requisitos para poder diseñar o crear un proyecto con fuentes no convencionales.

Tabla 2.*Marco legal para ZNI.*

Documento	Año	Título	Referencia
ACUERDO 28-03	2013	Por medio del cual se aprueba para el comité de administración del fondo de apoyo financiero para la energización de las ZNI – FAZNI	(MME, 2013)
CONPES 3108	Abr-01	Este documento somete a consideración del CONPES el programa de energización de zonas no interconectadas– (ZNI); la estrategia empresarial, institucional y financiera para su implementación y un plan de inversiones de corto plazo en proyectos de infraestructura eléctrica.	(MME, 2001)
CONPES 3453	Dic-06	Este documento está sometido a consideración del consejo nacional de política económica y social (CONPES), una política para la creación de los esquemas eficiente de las zonas no interconectada (ZNI).	(MME, 2006)
CONPES 3587	May-09	Este documento somete a consideración del consejo nacional de política económica y social –CONPES la declaración de las concesiones de áreas de servicio exclusivo para la prestación del servicio de energía eléctrica en las zonas no interconectadas de: i) Vaupés, ii) Amazonas, y iii) San Andrés, Providencia y Santa Catalina, como proyectos de importancia estratégica para el país, teniendo en cuenta que estas concesiones son de gran envergadura, que permitirán aumentar la cobertura y mejorar la calidad del servicio eléctrico en estas áreas	(MME, 2009)
Decreto 142	Ene-15	Este decreto es la corrección a la Ley 1715 del 13 de mayo de 2014: “Por medio de la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al Sistema Energético Nacional”, fue publicada el 13 de mayo de 2014. Una vez publicada la citada ley se advirtió de un error en el artículo 40, la cual hace éste referencia al artículo 10 de la Ley 1099 de 2006 siendo lo correcto referirse al artículo 10.	(MME, 2015)
Decreto 255	Ene-28	Por el cual se modifica la estructura de la Unidad de Planeación Minero-Energética, UPME, y se dictan otras disposiciones. El presidente de la República de Colombia, en ejercicio de las facultades constitucionales y legales, en especial las que le confiere el numeral 16 del artículo 189 de la Constitución Política y de conformidad con lo previsto en el artículo 54 de la Ley 489 de 1998.	(UPME, 2004)
Decreto 257	Ene-04	El Ministerio de Minas y Energía (2004) en su decreto 257 por el cual se modifica la Estructura del Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas, IPSE.	(MME, 2004)
Decreto 381	2012	El Ministerio de Minas y Energías (2012) en su decreto 381 del 2012 por el cual se modifica la estructura del Ministerio de Minas y Energía	(MME, 2012)
Decreto 388	2007	Ministerio de Minas y Energía, por el cual se establecen las políticas y directrices relacionadas con el aseguramiento de la cobertura del servicio de electricidad, que debe seguir la Comisión de Regulación de Energía y Gas, CREG, al fijar la metodología de remuneración a través de Cargos por Uso	(MME, 2007)

Documento	Año	Título	Referencia
		de los Sistemas de Transmisión Regional y Distribución Local de energía eléctrica en el Sistema Interconectado Nacional.	
Decreto 1260	2013	Por lo cual se modifica la estructura de la comisión de regulación de Energía y Gas	(MME, 2013)
Decreto 1371	2014	Por el cual se dictan algunas disposiciones sobre el manejo de activos en las Zonas No Interconectadas (ZNI), de propiedad del Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas para las Zonas No Interconectadas (IPSE).	(MME, 2014)
Decreto 1623	2015	Por el cual se modifica y adiciona el Decreto 1073 de 2015, en lo que respecta al establecimiento de los lineamientos de política para la expansión de la cobertura del servicio de energía eléctrica en el Sistema Interconectado Nacional y en las Zonas No Interconectadas (ZNI).	(MME, 2015)
Decreto 2143	2015	Por el cual se adiciona el Decreto Único Reglamentario del Sector Administrativo de Minas y Energía, 1073 de 2015, en lo relacionado con la definición de los lineamientos para la aplicación de los incentivos establecidos en el Capítulo III de la Ley 1715 de 2014.	(MME, 2015)
Decreto 4813	2008	Por el cual se modifica el Decreto 1124 de 2008.	(MME, 2018)
Decreto 1073	2015	La producción normativa ocupa un espacio central en la implementación de políticas públicas, siendo el medio a través del cual se estructuran los instrumentos jurídicos que materializan en gran parte las decisiones del estado. Que la racionalización y simplificación del ordenamiento jurídico es una de las principales herramientas para asegurar la eficiencia económica y social del sistema legal y para afianzar la seguridad jurídica. Que constituye una política pública gubernamental la simplificación y compilación orgánica del sistema nacional regulatorio.	(MME, 2015)
Ley 143	1994	Por la cual se establece el régimen para la generación, interconexión, transmisión, distribución y comercialización de electricidad en el territorio nacional, se conceden unas autorizaciones y se dictan otras disposiciones en materia energética.	(MME, 1994)
Ley 689	2001	Modifícase los numerales 15 y 24 del artículo 14 de la Ley 142 de 1994	(MME, 2001)
Normas en materia tributaria y penal del orden nacional y territorial	2002	Normas de control penalización de la evasión y defraudación fiscal	(MME, 2002)
Ley 0855	2003	Se definen las Zonas No Interconectadas.	(MME, 2003)
Ley 1117	2006	Por la cual se expiden normas sobre normalización de redes eléctricas y de subsidios para estratos 1 y 2.	(MME, 2006)
Ley 1715	2014	Por medio de la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al sistema energético nacional.	(MME, 2014)

Documento	Año	Título	Referencia
Resolución CREG-091	2007	Modificación- determinó las metodologías generales para remunerar las actividades de generación, distribución y comercialización de energía eléctrica, y las fórmulas tarifarias generales para establecer el costo unitario de prestación del servicio público de energía eléctrica en Zonas No Interconectadas.	(MME, 2007)
Resolución CREG-160	2008	Modificación - contiene los soportes de la propuesta regulatoria orientada a incentivar un ahorro en el consumo de combustibles fósiles que se utilicen para la generación de energía eléctrica en las áreas de servicio exclusivo que se conformen en el Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, en adelante Archipiélago, como consecuencia del reemplazo de plantas del parque de generación inicial, la adecuación de las mismas o la sustitución del combustible fósil por uno más económico.	(MME, 2008)
Resolución 004	2014	Se establece la fórmula tarifaria y las metodologías generales para remunerar las actividades de generación, distribución y comercialización del servicio de energía eléctrica en las zonas no interconectadas	(MME, 2014)
Resolución 40095	2016	Se adopta el plan de expansión de referencia y transmisión 2015-2029	(MME, 2016)
Resolución 91873	2012	Al Ministerio de Minas y Energía el diseño e implementación de un esquema de subsidios y contribuciones en las Zonas No Interconectadas que, entre otros, permita hacer explícitos los subsidios implícitos asumidos por empresas públicas y permita cubrir gastos de inversión, reposición, mantenimiento y monitoreo asociados a la prestación del servicio	(MME, 2012)
Resolución 91874	2012	Por la cual se modifica la senda de desmonte de subsidios a usuarios residenciales cuyos consumos superen el consumo de subsistencia, establecida en la resolución número 182138 de 2007.	(MME, 2012)
Resolución 180018	2009	Por la cual se definen los criterios generales para la aprobación de los Planes, Programas y Proyectos con recursos del FAER y se crea el Grupo de Apoyo Técnico y Operativo.	(MME, 2009)
Resolución 180069	2008	Por la cual se expide el Procedimiento para otorgar subsidios del sector eléctrico en el Archipiélago de San Andrés Islas, Providencia y Santa Catalina.	(MME, 2009)
Resolución 180115	2012	Por la cual se suspende la aplicación de la fase ii de la senda de desmonte de subsidios establecida en el artículo 2do de la resolución 18 0196 de 2011.	(MME, 2012)
Resolución 180116	2012	Por la cual se suspende la aplicación de la fase ii de la senda de desmonte de subsidios establecida en el artículo 2do de la resolución 18 1272 de 2011.	(MME, 2012)
Resolución 180195	2011	Modifica las resoluciones 181055 de 2009 y 182527 de 2010, en lo relativo a la fórmula general para la determinación de los subsidios máximos a aplicar a los consumos de energía de los usuarios residenciales y no residenciales del área de servicio exclusivo.	(MME, 2011)

Documento	Año	Título	Referencia
Resolución 180196	2011	Por la cual se expide el procedimiento para otorgar subsidios del sector eléctrico en el Área de Servicio Exclusivo de San Andrés, Providencia y Santa Catalina.	(MME, 2011)
Resolución 180465	2012	Resolución derogada por el artículo 7 de la resolución 41039 de 2016 por la cual se adopta el reglamento de las convocatorias para la presentación, evaluación y aprobación de los planes de expansión de cobertura que presenten los operadores	(MME, 2012)
Resolución 180648	2008	Por la cual se adiciona la Resolución 182138 de diciembre 26 de 2007, por la cual se expide el procedimiento para otorgar subsidios del sector eléctrico en las Zonas No Interconectadas.	(MME, 2008)
Resolución 180712	2012	<nota de vigencia: resolución derogada por el artículo 7 de la resolución 41039 de 2016> por la cual se modifica el artículo 3o de la resolución número 18 0465 del 27 de marzo de 2012.	(MME, 2012)
Resolución 181031	2009	<nota de vigencia: resolución derogada por el artículo 6 de la resolución 180196 de 2011> por la cual se expide el procedimiento para otorgar subsidios del sector eléctrico en el área de servicio exclusivo de san Andrés, Providencia y Santa Catalina.	(MME)
Resolución 181055	2009	Por la cual se expide el procedimiento para otorgar subsidios del sector eléctrico en el área de servicio exclusivo de las zonas no interconectadas continentales.	(MME, 2009)
Resolución 181056	2009	Por la cual se modifica la resolución 180018 de 2009, con relación a la fecha de presentación de los planes de expansión de cobertura eléctrica	(MME, 2009)
Resolución 181200	2010	<NOTA DE VIGENCIA: Resolución derogada por el artículo 6 de la Resolución 180196 de 2011>	(MME, 2009)
Resolución 181272	2011	Por la cual se ajusta el procedimiento para otorgar subsidios del sector eléctrico en las áreas de servicio exclusivo de las zonas no interconectadas continentales y se deroga la resolución 180195 de 2011.	(MME, 2009)

Soluciones energéticas

De acuerdo a la normativa colombiana se tienen los siguientes fondos de inversiones para proyectos eléctricos, ver figura 2:

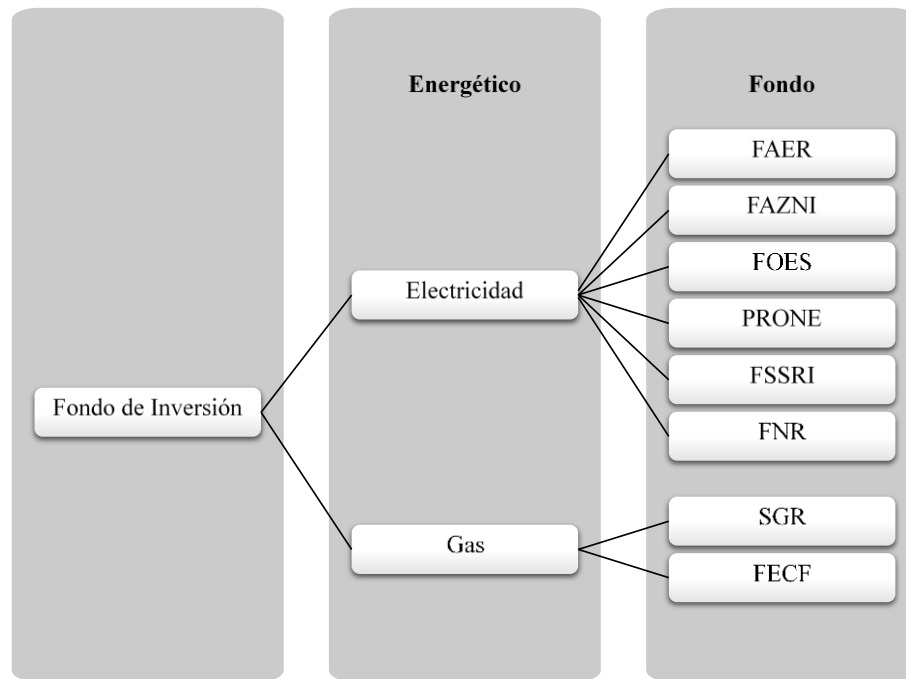


Figura 2. Fondos de inversión del Ministerio de Minas y Energía

Fuente: (RUIZ MOLANO, 2018)

A continuación, se presentan las definiciones de los fondos para los proyectos eléctricos en Colombia.

- FAER (El Fondo de Apoyo Financiero para la Energización de las Zonas Rurales Interconectadas), fue creado por el Artículo 105 de la Ley 788 de 2002 y su objetivo principal es ampliar la cobertura y procurar la satisfacción de la demanda de energía en las zonas rurales interconectadas (MME (FAER), 2019).
- FAZNI (Fondo de Apoyo Financiero para la Energización de las Zonas No Interconectadas).

- FOES (Fondo de Energía Social), Creado mediante el artículo 118 de la Ley 812 de 2003.
- PRONE (Programa de Normalización de Redes Eléctricas), creado mediante la Ley 1117 de 2006.
- FSSRI (Fondo de Solidaridad para Subsidios y Redistribución de Ingreso), creado por las Leyes 142 de 1994 y 286 de 1996.
- FNR (Fondo Nacional de Regalías) creado por el Decreto 4923 del 26 de diciembre de 2011, el Decreto 4972 del 30 de diciembre de 2011 y la Ley 1530 de mayo de 2012.

En las

Tabla 3, 4 y 5 se muestran los fondos aprobados por el Ministerio de Minas y Energía para los proyectos FAER, FAZNI Y PRONES desde el año 2012 hasta el 2016.

Tabla 3.

Presupuesto aprobado en los años 2012 a 2016 por el CAFAER

FAER		
Actas	Presupuesto aprobado	Años
34, 35, 36, 37	\$195.152.606.871	2012
38, 39, 40, 41	\$148.057.288.808	2013
42, 43	\$141.204.091.716	2014
44, 45, 46	\$137.458.263.886	2015
47, 48	\$242.931.569.048	2016

Fuente: (MME, 2019)

Tabla 4.

Presupuesto aprobado en los años 2012 a 2016 por el CAFAZNI

FAZNI		
Actas	Presupuesto aprobado	Años
51, 52, 53	\$42.535.972.448	2012
54, 55, 56, 57, 58	\$85.954.550.781	2013
59, 60, 61	\$83.926.859.905	2014
62, 63, 64	\$96.082.521.665	2015
65, 66	\$92.015.951.163	2016

Fuente: (MME, 2019)

Tabla 5.

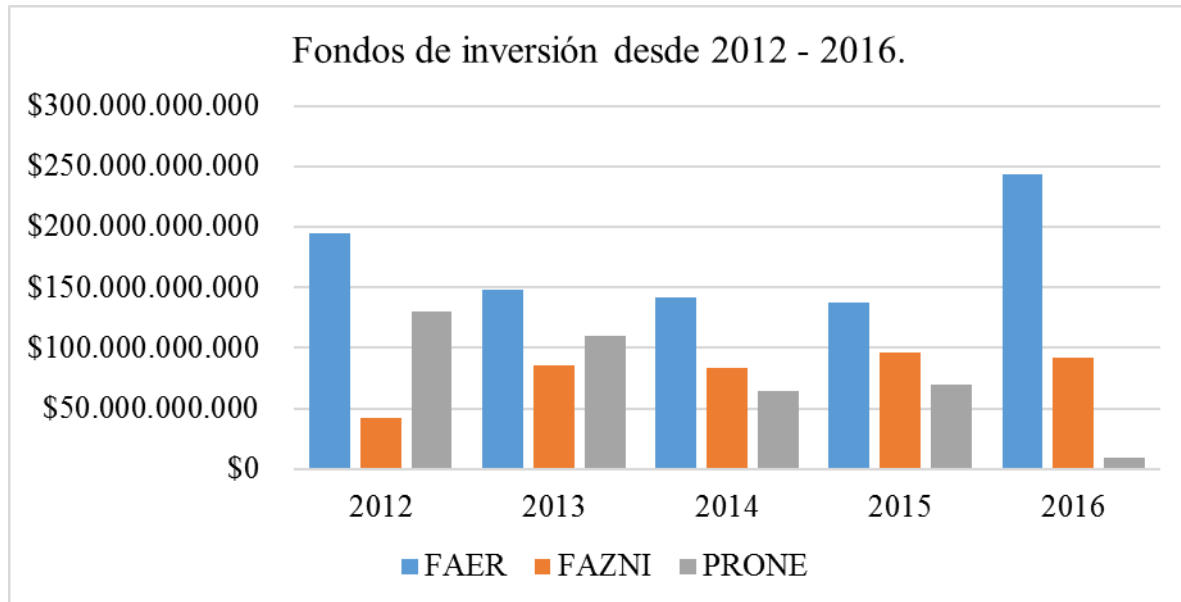
Presupuesto aprobado en los años 2012 a 2016 por el PRONE

PRONE		
Actas	Presupuesto aprobado	Años
18, 19, 29	\$129.705.780.601	2012
21, 22, 23	\$109.644.138.667	2013
24, 25	\$64.599.291.116	2014
26, 27	\$69.251.161.270	2015
28	\$9.646.574.658	2016

Fuente: (MME, 2019)

La evolución de la inversión de los diferentes fondos de inversión se ha comportado de la siguiente forma, figura 3:

Figura 3: *Evolución de la inversión en los fondos de inversión*



Fuente: *Elaboración propia*

Se puede apreciar que los mayores Fondos de Inversión los tiene FAER, los cuales se han mantenido en los últimos años por encima de los 100.000.000.000 COP, mientras que los fondos FAZNI han tenido un ligero aumento, aunque no el esperado, mientras que las inversiones del PRONE han estado decayendo desde el año 2012.

Presentación y registro de proyectos

El Acuerdo No 001 CA del 28 de marzo de 2003 promulgado por el CAFAZNI, establece su reglamento interno de funcionamiento, y determina los trámites requeridos para la presentación, registro, evaluación y aprobación de los planes, programas y proyectos que soliciten recursos de financiación del FAZNI.

Una vez el proyecto se encuentre debidamente formulado y se haya decidido solicitar recursos del Fondo de Apoyo Financiero para la Energización de las Zonas No Interconectadas (FAZNI), se deberá iniciar el trámite de la financiación del mismo efectuando el proceso de radicación respectivo, los proyectos los pueden presentar los departamentos, municipios, resguardos indígenas, las empresas que prestan el servicio de energía y IPSE.

Para la presentación de un proyecto se debe dirigir a IPSE, llevar la carta de presentación radicada, IPSE remitirá la documentación al ministerio de minas y energía, si el proyecto es presentado por IPSE la aceptación de la documentación estará a cargo de UPME y de igual manera se debe presentar la misma documentación anteriormente nombrada, las fechas para entrega de los proyectos se presentan en horario de atención atendió por cada entidad.

Los requisitos para la presentación de un proyecto FAZNI deben contemplar:

- Los planes
- Programas

- Carta de presentación del proyecto que debe ir firmada por el representante legal de la entidad que lo presenta y va dirigida al secretario del CAFAZNI
- Certificado de que el proyecto está incluido en el plan de desarrollo
- Certificado de cofinanciación
- Carta o acta de compromiso de la empresa o entidad operadora
- Aval técnico del proyecto por parte de la empresa distribuidora de energía
- Aprobación ambiental
- Formulación del proyecto
- Certificado de la CREG de las tarifas indicativas a cobrar
- Mapas de localización del proyecto
- Planos del proyecto
- Diseño y memoria de cálculo
- Cronograma de actividades
- Presupuesto de obra detallado
- Análisis de precio unitario
- Certificado de propiedad
- Listado de beneficiarios.

Para la aprobación del proyecto hay que tener en cuenta la viabilidad del proyecto, ya que esto permite ver la posibilidad de que el proyecto pueda ser ejecutado y operado de tal manera que cumpla con los objetivos.

¿Cuáles son los criterios generales que se tienen en cuenta para la viabilidad, la elegibilidad y la priorización de los proyectos a financiar con recursos del FAZNI?

El CAFAZNI establece los siguientes parámetros generales:

Viabilidad:

- Proyectos que sean requeridos por la comunidad
- Que correspondan a las mejores soluciones para la población
- Que sean técnicamente funcionales y operacionales
- Que sus costos sean razonables
- Que sean sostenibles en el tiempo

Elegibilidad:

- Que cumpla con los requisitos y que sea viable técnica y económicamente

Prioridad:

- Proyectos de generación que usen energéticos diferentes a los combustibles fósiles
- Proyectos de distribución local e interconexión rural en las ZNI
- Rehabilitación y recuperación de infraestructura energética existente Adicionalmente, para la asignación de los recursos, se definieron los siguientes criterios:
 - Principios de cobertura, relacionados con la población beneficiada.
 - Sostenibilidad en el largo plazo.
 - Influencia en la promoción de procesos productivos y generación de valor agregado.
 - Estructuras empresariales propuestas.
 - Consideración de la relación de Costo con los beneficios reales y sociales obtenibles con el desarrollo propuesto.
 - Principios de equidad regional
 - El menor costo por cada kilovatio hora generado.

En la figura 4 se muestra el flujograma para la aprobación de un proyecto FAZNI y tabla 6 presenta la descripción de la secuencia del diagrama para la aprobación de un proyecto FAZNI.

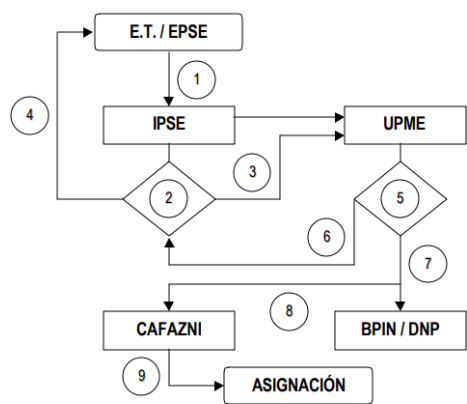


Figura 4. Diagrama de procedimiento para aprobación de un proyecto FAZNI
Fuente: (MME, 2019)

Tabla 6. Secuencia del procedimiento de aprobación FAZNI

Actividad	Comentario
1	Los entes territoriales presentan el proyecto ante IPSE, para la revisión del documento.
2	IPSE realiza el análisis técnico y genera su concepto de viabilidad técnica.
3	Si el concepto es favorable, el plan y el programa pasa a análisis de viabilidad financiera a la UPME
4	Si el concepto es negativo, el plan y el programa será devuelto a la entidad que lo presento
5	UPME recibe la documentación para estudiar la viabilidad técnica y financiera
6	si el concepto de UPME es desfavorable será devuelto a la entidad que lo presento
7	Si el concepto es favorable técnico y financiero será registrado por UPME
8	Si el proyecto pasa las etapas anteriores será enviado al secretario CAFAZNI quien será el encargado de verificar y abrir la carpeta para ser presentado en el comité
9	CAFAZNI asigna los recursos

Fuente: (MME, 2019)

Las entidades que deseen presentar su proyecto deben cumplir ciertos requisitos:

1. El proyecto se encuentra incluido en el plan de desarrollo municipal o departamental
2. El costo del proyecto
3. El valor solicitado al FAZNI
4. El número de familias beneficiadas
5. El nombre de quien ejecutara el proyecto

Y se deben anexar los siguientes documentos:

1. Proyecto completo (Memoria de cálculo y planos)
2. Ficha EBI plenamente diligenciada
3. Concepto de viabilidad y disponibilidad de la empresa distribuidora de energía
4. Plano de localización del proyecto
5. Evaluación del proyecto según metodología DNP
6. Certificado de los cofinanciadores o contrapartidas
7. Lista certificada de usuarios

Evaluación económica

Recursos disponibles FAZNI para nuevos proyectos.

De acuerdo con las consideraciones anteriores se cuenta con los siguientes recursos, otorgados por el IPSE, para asignar a los proyectos con viabilidad técnica y financieramente. La Tabla 7 muestra los recursos invertidos en el año 2017, los cuales ascienden a un total de \$124.081.321.420 millones de pesos.

Tabla 7.

Tabla de recursos invertidos en el 2017

CONCEPTO	2017 FAZNI	2017 IPSE	2018 FAZNI	TOTAL
Disponibilidad inicial de recursos	\$73.487.643.042	\$10.000.000.000	\$56.720.080.132	\$139.707.732.174
Recursos nuevos IPSE		\$5.000.000.000		\$5.000.000.000
Liberación recursos Puerto Leguizamo	\$3.583.622.399			\$3.583.622.399
Subtotal	\$77.071.265.399	\$15.000.000.000	\$56.720.080.132	\$148.291.345.573
Línea Casanare Vichada	\$8.300.000.000		\$8.148.180.058	\$16.448.180.058
Contrato FAZNI GGC 417 de 2005	\$73.230.696			\$73.230.696
Frontera comerciales y distribución línea Cauca Nariño	\$1.377.500.000		\$1.377.500.000	\$2.755.000.000
Mantenimiento de línea Cauca Nariño	\$1.350.000.000			\$1.350.000.000
Puerto Leguizamo			\$3.583.622.399	\$3.583.622.399

TOTAL	\$65.970.534.745	\$15.000.000.000	\$43.610.777.675	\$124.581.312.420
-------	------------------	------------------	------------------	-------------------

Fuente: (MME, 2017)

Según el Ministerio de Minas y Energía se han aprobado diversos proyectos en el territorio nacional durante el año 2017, entre estos se destacan:

- El 14 de noviembre de 2017. Se aprueban 18 proyectos de solución solar para beneficiar 6.371 usuarios en el territorio nacional.
- Acta. No. 67 CAFAZNI, 29 de agosto de 2017. Se aprueba 14 proyectos de solución solar para beneficiar 8.047 usuarios en el territorio Nacional. Proyecto de mejoramiento del Parque Generador Diésel de la Central de Generación de la Cabecera Municipal de Puerto Leguizamo en el Departamento de Putumayo para beneficiar a más de 2.500 usuarios (MME, 2017).

En la Tabla 8 se detallan los proyectos más relevantes ejecutados en el año 2017.

Tabla 8.

Tabla de proyectos FAZNI ejecutados en el año 2017

Proyecto	Descripción	Usuarios	Inversión por usuario	Total de la inversión
Córdoba	Construcción, instalación e implementación de soluciones energéticas sostenibles solares fotovoltaica para viviendas rurales en Zonas No Interconectadas del municipio de Tierralta Departamento de Córdoba.	901	\$19.973.895	\$17.996.479.654
Puerto Rico departamento del Meta	Instalación de plantas solares fotovoltaicas aisladas rurales en el municipio	689	\$16.789.194	\$11.572.955.969
Mitú-Vaupés.	Diseño y construcción de los sistemas de energía solar fotovoltaica aislada	624	\$14.573.764	\$9.069.692.580
Chocó	Sistemas solares fotovoltaicos individuales para la planta Vereda en el municipio de Condoto	505	\$ 19.182.549	\$ 9.687.187.198
Caquetá	Construcción, instalación e implementación de soluciones de energía renovable y sostenible consiste en un	624	\$ 16.025.641	\$ 11.521.242.812

Proyecto	Descripción	Usuarios	Inversión por usuario	Total de la inversión
	sistema de generación de electricidad solar fotovoltaico.			
Nariño	Sistemas solares fotovoltaicos individuales para la Vereda Candelilla de la Mar en el municipio de Tumaco	398	\$ 18.861.746	\$ 7.506.974.754
Chocó	Sistema solares fotovoltaico individuales para la Vereda Consuelo en el municipio de Condoto	255	\$ 19.131.775	\$ 4.878.602.571
Nariño	Instalación de sistemas solares fotovoltaicos individuales para la electrificadora de una Vereda del municipio de San Andrés de Tumaco, Veredas Alto Santo Domingo y Santo Domingo Vuelta el Carmen.	223	\$ 18.755.321	\$ 4.182.436.590
Vaupés	Construcción del servicio de energía eléctrica fotovoltaica de las comunidades del Palmar, Puerto Valencia, Vista Hermosa, Pucaron, Puerto Nuevo, Puerto Esperanza, San Miguel, Nuevo Porvenir, Arara, y el sector étnico del municipio de Carru	368	\$ 16.460.699	\$ 6.057.537.103

Fuente: (MME, 2017)

En los proyectos de inversión que ha realizado el estado en el año 2017 se puede apreciar que las inversiones que se han realizado en los proyectos FAZNI han sido grandes, además de eso las inversiones por usuarios la más baja fue de \$14.573.764 millones en el proyecto ejecutado en Mitú-Vaupés y tenía como beneficiados a 624 usuarios y la inversión más alta fue de \$19.973.895 millones en Córdoba con 901 usuarios beneficiados.

Los proyectos ejecutados bajo los lineamientos FAZNI tienen como objetivo principal poder suplir la carencia de energía eléctrica en las zonas rurales. A continuación se describirá el proyecto de Córdoba en el cual se benefician las comunidades de km 40, Colon Alto, Colon medio, Altamira, cabecera corregimiento de Crucito, La Mina, Quebrada Linda, Las Nubes, km 10, Cruz grande medio, Cenizas, km 40 sector carretera, Naín medio sector Boca de Conejo, Caracolí, Baltazar, Nueva Florida, km 13 Sector Loro, El Diamante, Jarupia, La Zumbona, Higueronal, Chibogado medio, Naín medio sector Boca de Guineo, Bocas de Cruz Grande

Medio, Cañaveral, La Bonita, El Venado, Tolová, Casa Nueva, Cascajal, Alto Gurullo, Murmullo bajo, Severá y el Águila. En total fueron 901 usuarios beneficiados con una potencia de instalación de 770,355 kWp instalados, el proyecto consta de la construcción, instalación e implementación de soluciones energéticas sostenibles solares fotovoltaica para viviendas rurales en Zonas No Interconectadas como se muestra en la figura 5 y 6 y tuvo un total de inversión de \$17.996.479.654



Figura 5. Instalación de proyecto FAZNI en Córdoba

Fuente: (Ingeniería y construcción s.a, 2017)



Figura 6. Montaje de paneles fotovoltaico en Córdoba

Fuente: (Ingeniería y construcción s.a, 2017)

Diseño de los Escenarios a Evaluar

El corregimiento de La Peña-Sabanalarga cuenta con diferentes alternativas que pueden llevar a la energización, además de los sistemas tradicionales con los cuales se puede abastecer de energía eléctrica la localidad, es decir, a través del SIN; el lugar tiene condiciones favorables para el aprovechamiento de la irradiación solar y así producir energía por medio de la generación fotovoltaica, ver figuras 7 y 8.

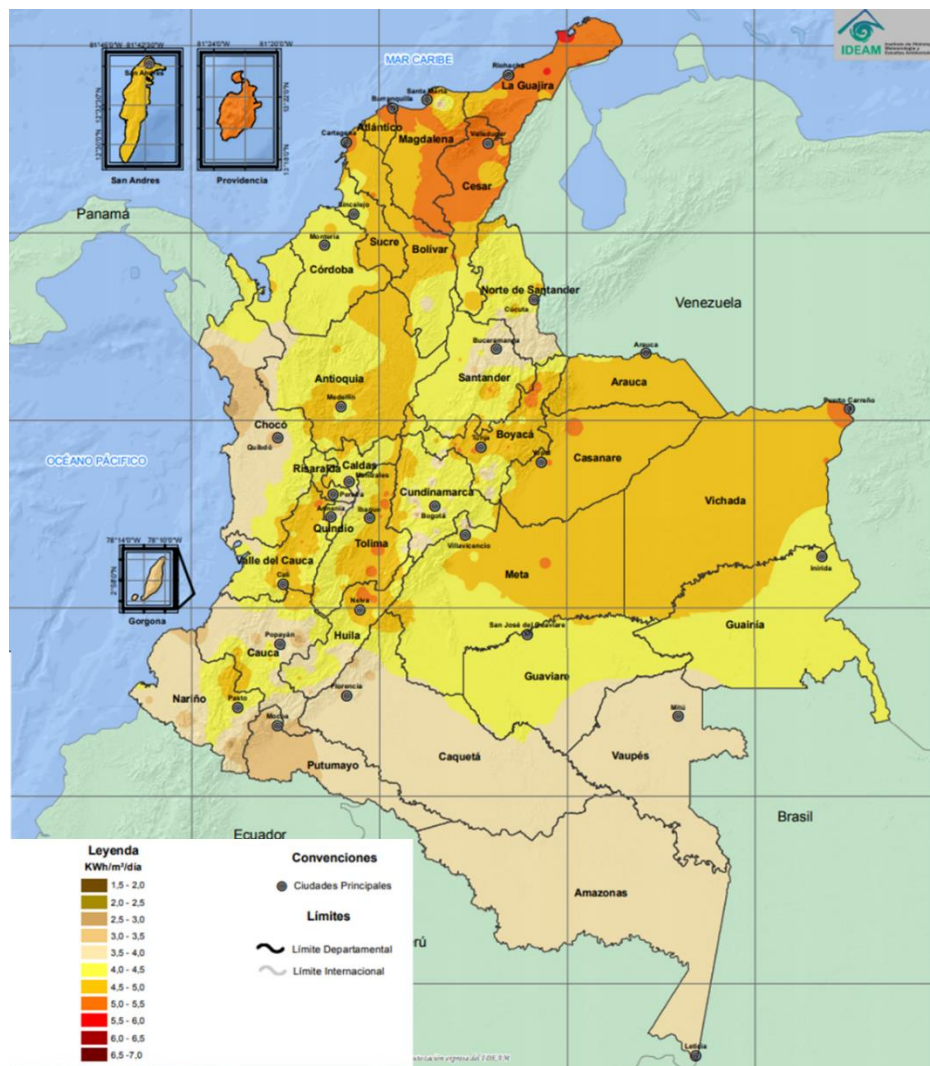


Figura 7. Irradiación Zona Norte Colombia

Fuente: Encontrada en la página de la IDEAM (Ingeniería y construcción s.a, 2017)

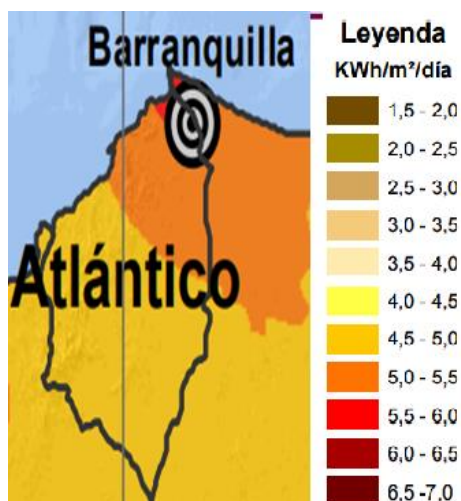


Figura 8. Irradiación del Departamento del Atlántico

Fuente: Encontrada en la página de la IDEAM (Ingeniería y construcción s.a, 2017)

El departamento del Atlántico posee una buena irradiación solar, para el caso de La Peña corresponderían los valores de 5,0-5,5 kWh/m²/día. Siendo estos unos valores excelentes para la implementación de paneles solares como solución para mejorar las falencias del servicio, adicionalmente los impactos de la energía solar son positivos debido a la generación de empleo, la disponibilidad de energía en zonas no-interconectadas, la generación de nuevo conocimiento, entre otros (Pasqualino, Cabrera, & Chamorro, 2014).

Además de poseer un gran recurso solar, Colombia también tiene una gran fuente de generación eólica que puede aprovechar por los grandes vientos. La región más atractiva desde el punto de vista eólico es la Costa Atlántica Colombiana, donde los vientos aumentan en dirección a la península de La Guajira. Se han identificado otras regiones de interés como el Departamento de Arauca y algunas zonas de los altiplanos en las cordilleras. Por el evidente atractivo de La Guajira las actividades de EPM se concentraron en dicha región.

A continuación, se muestra en la figura 9, el mapa de viento y energía eólica en Colombia.

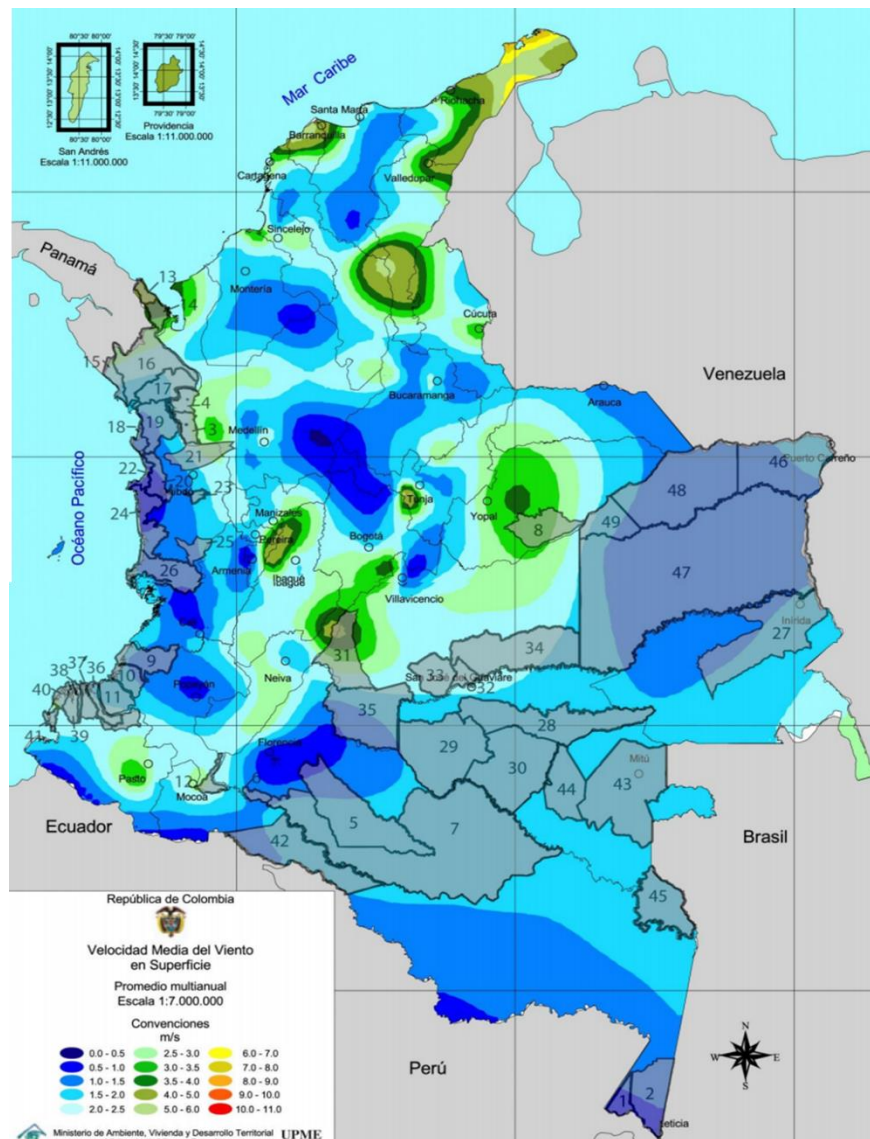


Figura 9. Atlas de Viento y de Energía Eólica de Colombia

Fuente: Encontrada en la página de la IDEAM (Ingeniería y construcción s.a, 2017)

El municipio cuenta con un embalse llamado el Guajaro que es una Ciénega que ofrece la pesca no solo como fuente de alimentación si no como una actividad económica importante para los habitantes. La fertilidad de sus suelos la ha convertido en una potencia ganadera y agrícola del departamento con el suministro de vacunos y los cultivos de azúcar, algodón, maíz y plátano.

El corregimiento cuenta con un colegio técnico, un puesto de salud y vías de acceso terrestres y acuáticas, El sistema vial está definido por una carretera principal, determinada por la vías Sabanalarga – Las Compuertas y la vía La Peña – Aguada, que al llegar al territorio del corregimiento cambian de carácter convirtiéndose en una vía local y sobre la cual se orientan el resto de vías del corregimiento. La distancia que existe entre La Peña y el centro de Sabanalarga es aproximadamente 18 km. (Plan De Desarrollo Municipal, 2019)

La cantidad de usuarios que se tienen en cuenta para esta investigación es de 900, teniendo en cuenta que en la base de datos de Electricaribe el actual consumo de los usuarios en el municipio es de 0.7 kW, para los modelos propuestos se tendrá un estimado de consumo de energía de 1 kW por usuario en el municipio. (Google maps, 2019)

Los escenarios que se muestran a continuación se realizan teniendo en cuenta el ambiente, la topología del terreno y la densidad de población, La implementación de sistemas unitarios fotovoltaicos y parques de generación fotovoltaica combinados con la red de MT es el resultado de múltiples proyectos similares llevados a cabo dentro de la nación y en el extranjero, los cuales ha dado respuestas a las carencias presentadas en las ZNI.

En este análisis se busca evaluar diferentes alternativas para hallar la más viable en la relación costo-beneficio para los usuarios finales, por lo que, como habíamos mencionado antes, se proponen los siguientes modelos:

- 1- Implementación de paneles fotovoltaicos para cada consumidor residencial y comercial sin baterías y con baterías.
- 2- Implementación de una Red de Media Tensión de 13.2 kV para la distribución de energía eléctrica a la población con generación mediante parques fotovoltaico

- 3- Implementación de Red de Media Tensión de 13.2 kV conectado al Sistema interconectado nacional (SIN).

Descripción topográfica de La Peña-Sabanalarga

Para realizar la descripción del municipio de la Peña-Sabanalarga se realizó mediante visitas de campo para conocer las rutas de acceso al municipio, ver figuras 10 y 11. En la actualidad, la ruta de entrada terrestre hacia el municipio es por la Troncal del Caribe. Las calles y vías secundarias, en su gran mayoría, no se encuentran pavimentadas, ver figuras 12 y 13. Se analizaron también los recursos naturales con los que cuentan, la distancia entre La Peña y Sabanalarga es aproximadamente de 12 km y la Troncal del Caribe es la única ruta de acceso.



Figura 10. *Vía de acceso a La Peña*
Fuente: (Google maps, 2019)



Figura 11. *Vías de acceso a La Peña*
Fuente: (Google maps, 2019)



Figura 12. *Vía de acceso a La Peña*
Fuente: (Google maps, 2019)



Figura 13. *Vías de acceso a La Peña*
Fuente: (Google maps, 2019)

El Embalse del Guajaro se encuentra a unos 50 kilómetros al suroeste de Barranquilla, en jurisdicción de los municipios de Repelón, Luruaco, Manatí y Sabanalarga. Tiene una superficie de 16000 Hectáreas (160 Kilómetros cuadrados). Es considerado una de las reservas de peces más importantes de la región. En Sabanalarga es la principal fuente de trabajo para los pobladores de los corregimientos de La Peña y Aguada de Pablo. Es un sitio con gran potencial para el ecoturismo como se muestra en la figura 14 (Plan de desarrollo , 2016)



Figura 14. *Embalse del Guajaro*
Fuente: *Elaboración Propia*

Actualmente el municipio cuenta con una red de distribución y comercialización generada por la empresa Electricaribe, la distribución de las redes de media tensión 13.2 kV trifásica recorre las vías principales de La Peña, figura 15, y cuentan con sus transformadores de MT trifásicos, monofásicos y monofásicos bifilares que van desde 15 kVA hasta 112,5 kVA. Las redes de Baja Tensión (BT), figura 16, se utilizan para suministrar la energía eléctrica a los consumidores.



Figura 15. Red MT 13.2 kV
Fuente: Elaboración Propia



Figura 16. Transformador de 50 kVA – 13.2 kV
Fuente: Elaboración Propia

A través de la base de datos de Electricaribe se pudieron extraer los datos de la capacidad instalada en transformadores, el calibre del conductor, la cantidad de apoyos, crucetas, entre otros aspectos que fueron de gran utilidad para poder llevar acabo el análisis.

Para la ubicación de los parques generadores se tuvo en cuenta el terreno y la concentración de usuarios para poder aprovechar al máximo la generación de los parques. Es por ello que se ubicaron en los extremos del municipio como se muestran en las figuras 17 y 18.



Figura 17. Sitio de instalación de parque
fotovoltaico 1
Fuente: (Google maps, 2019)



Figura 18. Sitio de instalación de parque
fotovoltaico 2
Fuente: (Google maps, 2019)

Lineamientos FAZNI para la proposición de escenarios

La ejecución de un proyecto de este tipo no tiene en cuenta la población para la cual serán destinados los recursos, pero se debe garantizar la satisfacción de las necesidades básicas de los usuarios de los estratos 1, 2 y 3 y los de menores recursos del área rural, a través de los diversos agentes públicos y privados que presten el servicio.

Los proyectos que correspondan a Sistemas Solares Fotovoltaicos deben contemplarse como soluciones comunitarias, teniendo como principales beneficiarios a los centros de salud, centros educativos, instalaciones de seguridad estatal, entre otros. Para la aprobación se debe demostrar que no es económicamente eficiente conectar al SIN.

El proyecto debe ser requerido por la comunidad, y debe ofrecer las mejores soluciones para la población. El proyecto debe ser técnicamente y económicamente viable y razonable, considerado para que sea sostenible a largo plazo, con generación diferente a combustibles fósiles y manteniendo un costo de cada kilovatio-hora generado con el menor costo posible.

FAZNI considera la Rehabilitación y recuperación de infraestructura energética existente de un proyecto de este tipo, y pueden asignarse recursos para su mejoramiento debido a los deterioros generados por el pasar de los años, ampliación de cobertura o aumento de la calidad del servicio.

Escenario 1 – Implementación de paneles fotovoltaicos para cada consumidor residencial y comercial sin baterías.

En este primer escenario se propone la implementación de paneles fotovoltaico para cada uno de los consumidores residenciales y comerciales, teniendo en cuenta que la aplicación de este modelo es fácil de introducirla dentro de la población debido a su instalación.

La generación eléctrica en este modelo estará limitada al nivel de radiación solar, esto quiere decir que solo se podrá generar energía en el horario diurno y en los días en que exista buen nivel de radiación solar. El consumo también estará limitado por la capacidad máxima que posean los paneles fotovoltaicos instalados que será de 1 kW en los diferentes consumidores residenciales y comerciales. Este modelo está destinado para 900 usuarios.

Implementación de paneles fotovoltaicos para cada consumidor residencial y comercial con baterías.

En este escenario se propone la implementación de paneles fotovoltaico para los consumidores teniendo en cuenta la fácil aplicación del modelo, para este se busca evaluar la relación de costo-beneficio de la implementación de una fuente de generación fotovoltaica con fuente de almacenamiento, ya que el territorio cuenta con un gran recurso de irradiación solar que puede ser aprovechado como fuente de generación fotovoltaica. En esta propuesta se presenta el kit solar fotovoltaico con la capacidad de suministrar una media de 4000Wh/día para 5 hora de sol pico, este kit estará compuesto por 4 paneles de solares de la marca Waaree de 200W a 12 V, 6 vasos estacionarios OpzS solar modelo Classic de 985Amperios hora a 2V de tensión, el inversor cargador Quador de 1000W a 12 voltios con regulador PWM de 50 A y su cargador de batería de 20 A.

Escenario 2 -Implementación de red MT de 13.2 kV con generación mediante parques solares fotovoltaicos.

En este segundo escenario se propone la implementación de una red eléctrica de media tensión a 13.2 kV para la distribución de la energía con generación de parques fotovoltaicos, el modelo que se plantea se hace pensando en el crecimiento futuro que puede tener el municipio.

Este modelo permite que los materiales instalados se puedan utilizar más adelante si el sistema se logra conectar al SIN. Es decir, se podrán utilizar todos los materiales que se utilizan en el sector eléctrico para la distribución de la energía, por ejemplo: estructuras, apoyos, transformadores, conductores, entre otros. Todos estos materiales podrían ser utilizados, si en un futuro próximo, se logra conectar el corregimiento de La Peña-Sabanalarga al SIN.

La generación eléctrica en este modelo estará menos limitada que el anterior, debido a que la generación se concentrará en los 2 parques solares fotovoltaicos que están previstos en este modelo, pero tendrá el mismo inconveniente que el primer escenario y es la total dependencia al nivel de radiación solar.

En este modelo considera la inversión técnico-económica de la implementación de los apoyos, líneas, transformadores, entre otros, dentro del corregimiento.

Escenario 3 - Implementación de red MT de 13.2 kV conectado al Sistema Interconectado Nacional (SIN).

En este tercer escenario se propone la implementación de una red de Media Tensión a 13.2 kV conectado al Sistema Interconectado Nacional para la distribución de la energía.

En este modelo se propone una red de MT conectado al SIN pensando en la demanda energética que tendrán los usuarios en el futuro. La implementación de este modelo permite un mayor consumo de energía para los usuarios, y un mejor uso, ya que les permite tener energía eléctrica las 24 horas del día y no depender de la luz del sol como los escenarios anteriores.

Este modelo se propone pensando en el crecimiento poblacional y la expansión del corregimiento, con el consiguiente aumento de la carga y de la demanda eléctrica.

Al proponer una inversión de una red de MT para la distribución y comercialización de la energía en el municipio de La Peña, se evalúa la compra de diferentes materiales que se utilizan en la Red Eléctrica, como son: postes, apoyos, transformadores, conductores, entre otros, que se utilizan para conectarse al SIN.

Comparación de los diferentes escenarios propuesto.

La siguiente tabla muestra las principales características y carencia de los escenarios que se proponen en la investigación para conocer las ventajas y desventajas que tiene los modelos.

Tabla 9.

Tabla de Comparación de los escenarios propuestos

Modelos	Característica Principales	Carencia
Implementación de paneles fotovoltaicos para cada consumidor	<ul style="list-style-type: none"> • Fácil implementación. • 20 años de vida útil a los paneles. • Bajo mantenimiento. • Utilización de energía renovable. • Bajos costo en la generación de energía. • Disponibilidad en la aplicación en gran parte del territorio. 	<ul style="list-style-type: none"> • Altos costo de implementación • Disponibilidad en la aplicación en gran parte del territorio • Generación dependiente del sol • Generación limitada
Implementación de red MT de 13.2 kV con generación mediante parques fotovoltaico	<ul style="list-style-type: none"> • La implementación de la red de MT pensando en el crecimiento. • Fácil mantenimiento a los paneles de generación. • Bajos costos en la generación de energía. • Puede llegar a más consumidores. 	<ul style="list-style-type: none"> • Área de instalación extendida • Altos costos de implementación (red, transformadores, apoyo, etc.) • Generación limitada • Generación dependiente del sol
Implementación de red MT de 13.2 kV conectado al Sistema Interconectado Nacional (SIN).	<ul style="list-style-type: none"> • La implementación de la de red MT pensando en el crecimiento • Disponibilidad a mayor potencia eléctrica • Energía durante 24 horas 	<ul style="list-style-type: none"> • Alto costo en mantenimiento • Altos costos de implementación (red, transformadores, apoyo, etc.)

Fuente: (Elaboración propia)

Resultados Obtenidos

Escenario 1 - Implementación de paneles fotovoltaicos para cada consumidor sin baterías

En esta primera propuesta se busca evaluar la relación de costo-beneficio, ya que el territorio cuenta con un gran recurso de irradiación solar que puede ser de gran utilidad.

La generación estimada que se tendrá en cuenta en este modelo es de 1 kW, por ende, se investigó qué tipo de panel solar sería más asequible para la implementación teniendo en cuenta que es un corregimiento donde habitan personas de bajos recursos económicos. El análisis arrojó que puede utilizarse el Panel Solar Fotovoltaico CORA-250W de la marca CORADIR S.A, cuyas especificaciones técnicas se muestran en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**

Tabla 10.

Propiedades Técnicas del panel solar Fotovoltaico CORA-250W.

Propiedades Técnicas	
Potencia máxima nominal (Pmax)	250 W
Voltaje a Pmax (vmp)	30,65 V
Corriente a Pmax (Imp)	8,17 A
Voltaje a circuito abierto (Vco)	37,8V
Corriente de Cortocircuito (Isc)	8,74 A
Eficiencia de Celdas (%)	17,40 %
Eficiencia del Módulo	15,30 %
Temperatura de operación (C°)	(-40°C~+85°C)
Voltaje máximo del sistema	DC 1000V/600V
Fusible serie máximo	15 A
Tolerancia a potencia máxima	(+3%)

Fuente: (Estado del tiempo, 2019)

Seleccionado el panel a usar se investiga en la base de datos de Accuweather (accuweather, 2017) el clima para conocer el histórico de los meses lluviosos, soleados y nublados, ver anexo A. La estructura de este sistema queda ilustrada en la Figura 19.

El resultado que arroja el estado del tiempo es que en promedio durante el año en Colombia habrá aproximadamente 12 horas de sol por día.

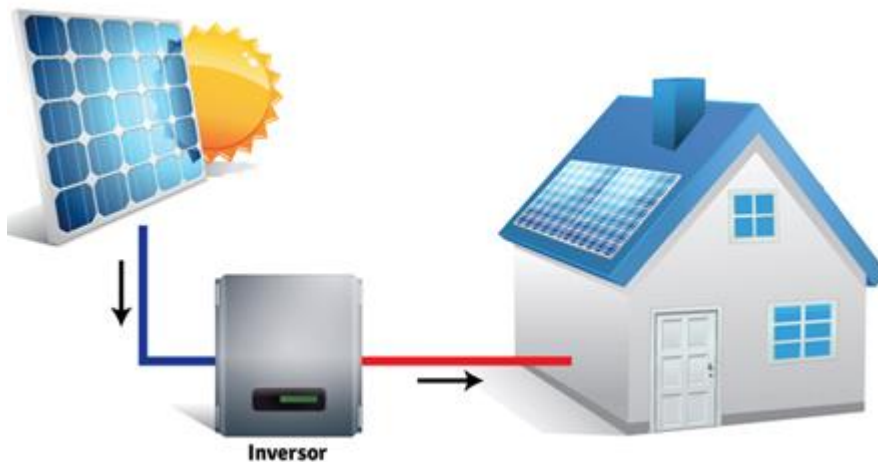


Figura 19. Componentes y conectividad en generación solar.

Fuente: (Rcienergys, 2019)

Para poder cumplir con la generación de 1 kW se propone la implementación de 4 Paneles Solares Fotovoltaicos CORA-250W de la marca CORADIR S.A. La configuración de la conexión de los paneles solares se muestra en la figura 20.

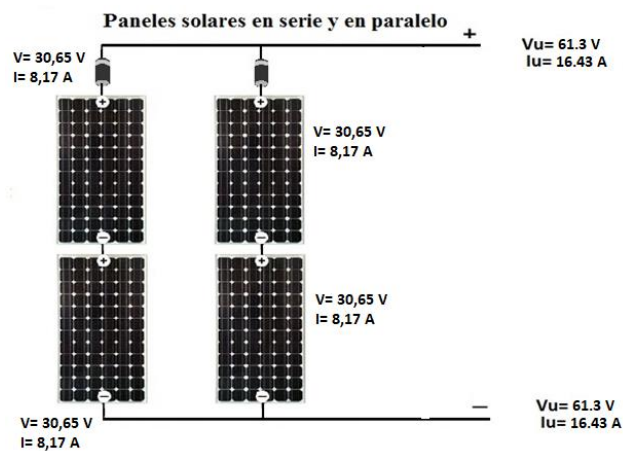


Figura 20. *Conexión de paneles fotovoltaico.***Fuente:** Elaboración propia

En la conexión se puede apreciar 4 paneles, 2 en serie y 2 en paralelo, el voltaje de cada panel es de 30,65 V y la corriente 8,17 A. El voltaje total del sistema es de 61,3V y la corriente 16,43 A, teniendo en cuenta estos datos se selecciona el inversor de la marca HRD de 1 kW como se muestra en la figura 21.

**Figura 21.** *inversor de DC-AC***Fuente:** (Bauer, 2019)

La Tabla 11 recoge las características y propiedades fundamentales del inversor seleccionado.

Tabla 11.*Propiedades Técnicas del inversor HRD*

Modelo		GF 1012S	GF2024S	GF3024S	GF5048S	GF6048S
Capacidad		1kVA/1kW	2kVA/2kW	3kVA/3kW	5kVA/5kW	6kVA/6kW
Entrada de la CA	Voltaje nominal	220V o 110V				
	Gama del voltaje	180-260Vac (+/-4%) o 90-145Vac (+/-4%)				
	Frecuencia	50/60Hz (detección del auto)				
Regulador solar						
Tipo solar del regulador		PWM				
Especificación solar del regulador de la carga		12V/30A PWM	24V/50A	24V/50A	48V/60A	48V/80A

		PWM	PWM	PWM	PWM
Energía de entrada máxima del picovoltio (w)		430W	1400W	1400W	3400W
Voltaje de entrada máximo del picovoltio (v)		50V	50V	50V	100V
PODER ESPERA		0A			
Salida	Voltaje	220Vac el or 110Vac+/-10%			
	Frecuencia	50/60Hz+/-1hz			
	Tiempo de transferencia	10ms (típico)			
	Forma de onda	Onda sinusoidal pura			

Implementación de paneles fotovoltaicos para cada usuario con baterías.

En este modelo propuesto se busca evaluar la relación de costo-beneficio de la implementación de una fuente de generación fotovoltaica con sistema de almacenamiento, ya que el territorio cuenta con un gran recurso de irradiación solar que puede ser aprovechado como fuente de generación fotovoltaica. En esta propuesta se presenta el kit solar fotovoltaico capaz de suministrar una media de 4000Wh/día para 5 hora de sol pico, este kit estará compuesto por 4 paneles de solares de la marca Waaree de 200W a 12 V, 6 vasos estacionarios OpzS solar modelo Classic de 985Amperios hora a 2V de tensión, el inversor cargador Quador de 1000W a 12 voltios con regulador PWM de 50 A y su cargador de batería de 20 A. (Autosolar, 2019)

El kit solar fotovoltaico incorpora una estructura de cubierta plana que le dará una inclinación de hasta 30° a los paneles para aprovechar la radiación solar, además de eso el kit solar incorpora el Cable Solar de 10 AWG, a continuación, se describen los materiales:

- 4 panel Solar 200W 12V Policristalino Bauer

El Panel solar de 12V Policristalino 200W cuenta con 25 años de garantía, fabricado en silicio policristalino ofrece un rendimiento excepcional a nuestro kit de 12V. Este panel solar es

capaz de proporcionar alrededor de 700Wh/día en invierno con el índice de radiación solar de la zona y prácticamente el doble en verano; casi 1500Wh/día con un solo panel de 12V. Tiene incluido 1 metro de cableado por cada polo con conectores MC4 en sus extremos. Es el panel más potente disponible para instalaciones de 12V, produciendo más de 11A. Este módulo fotovoltaico viene con un marco ensamblado de aluminio preparado para poderlo sujetar a cualquier estructura, a continuación, se muestra en la Tabla 12 las características del panel (Autosolar, 2019)

Tabla 12.

Características del panel solar 200W 12V Policristalino Bauer

Propiedades Técnicas	
Tamaño del módulo	1332 x 992 x 35 mm
Células	72 piezas policristalinas (104 x 156 mm)
Potencia máxima (Wp)	200W
Cable	90cm, 4mm ²
Voltaje en circuito abierto (Voc)	22.7V
Intensidad en cortocircuito (Isc)	11.86A
Voltaje a máxima potencia (Vm)	18.2V
Intensidad a máxima potencia (Im)	11A
Condiciones del test	1000W/m ² , 25°C, AM 1.5
Voltaje máximo sistema	1000Vdc
Coefficiente temperatura – Isc	+0.08558%/°C
Coefficiente temperatura – Uoc	-0.29506%/°C
Coefficiente temperatura – Pmpp	-0.38001%/°C
Temperatura normal trabajo célula	45°C
Eficiencia del módulo	15.1%

Fuente: (Bauer, 2019)

- 1 inversor Cargador + Regulador de Carga Must Solar 1000W 12V

El inversor cargador ofrece una solución muy útil para sistemas fotovoltaicos aislados, ya que permite integrar todos los componentes del sistema en un mismo aparato, que además incorpora una pantalla LCD que permitirá ver el estado de carga y la tensión de las baterías, los amperios entrantes a tiempo real de los paneles solares y los de salida de las baterías, además de

tener un pequeño esquema en la misma pantalla que permitirá ver de qué manera está fluyendo la energía, viendo si proviene de baterías, paneles o un generador de apoyo que podamos tener conectado. El inversor es de onda senoidal pura, el cargador de baterías tiene una carga máxima de 20A y además integra un regulador de carga PWM de 50A. (Must, 2019)

- 6 batería Estacionaria Ultracell OPzS 840Ah

Este tipo de batería, el modelo UZS840-2, es la mejor opción para sistemas fotovoltaicos ya que ofrecen una gran durabilidad y un muy buen rendimiento para cargas y descargas lentas. Estas baterías suponen para un kit solar el mejor tipo de banco energético que necesita para un funcionamiento satisfactorio durante muchos años. De gran reconocimiento, Ultracell es fabricante líder mundial en acumuladores de larga longevidad y calidad superior. Desde AutoSolar ofrecemos la mejor calidad del mercado para que tu instalación sea fiable, robusta y duradera, gracias a los más de 3000 ciclos de vida que ofrecen estas baterías estacionarias para descargas de hasta el 50%. (Ultracell, 2019)

- Estructura sobre cubierta metálica o cubierta inclinada

La estructura sobre cubierta metálica o para superficie inclinada es perfecta para las ocasiones en las que el techo del lugar de instalación tiene una orientación e inclinación óptimas (Sunfer energy structures, 2019)

- 5 metros de Cable Rojo PV ZZ-F de 6mm² y 5 metros de Cable Negro PV ZZ-F de 6mm²

El cable de 6mm² se utiliza en las instalaciones solares entre los paneles para hacer los paralelos en el repartidor de corriente o para llevar la energía de los mismos hasta el regulador de carga. Es muy importante no superar las limitaciones de energía que puede soportar el cable, dado que una sección inferior a lo que necesita nuestro sistema podría tener un

sobrecalentamiento debido a las intensidades de corriente que se manejan. Este cable soporta elevadas tensiones de funcionamiento por lo que es perfecto para conectar las series en sistemas de conexión a red o con inversores híbridos. El cable PV ZZ-F PowerFlex de 6mm² es de la marca Top Cable; tiene un doble recubrimiento fabricado con goma libre de halógenos con una gran resistencia a agentes químicos, aceites, rayos ultravioletas y soporta la inmersión en agua. El cable Powerflex PV ZZ-F es un cable flexible de clase 5 preparado para baja tensión hasta 1000V. Su conductor es de cobre electrolítico estañado, y gracias al diseño de sus materiales, puede ser instalado en todo tipo de condiciones ambientales: zonas húmedas y secas, instalación al aire libre, enterrado, e incluso sumergido en agua (AD8), sin que perjudique la vida útil del cable. (Top solar, 2019)

- 10 metros de Cable Rojo PV ZZ-F de 16mm² y 10 metros de Cable Negro PV ZZ-F de 16mm²

10 metros de Cable Rojo PV ZZ-F de 16mm² y 10 metros de Cable Negro PV ZZ-F de 16mm² El cable de 16mm² se utiliza en las instalaciones solares que tienen una cantidad considerable de potencia. Sirven para llevar la energía desde el repartidor de corriente hasta el regulador de carga o desde éste hasta las baterías. Es muy importante no superar las limitaciones de energía que puede soportar el cable, dado que una sección inferior a lo que necesita nuestro sistema podría tener un sobrecalentamiento debido a las intensidades de corriente que se manejan. Este cable soporta elevadas tensiones de funcionamiento y una superior intensidad de corriente respecto al cable de 10mm por lo que es perfecto para interconectar reguladores de carga y baterías o para distancias elevadas, para prevenir una caída de tensión grande. El cable PV ZZ-F PowerFlex de 16mm² es de la marca Top Cable; tiene un doble recubrimiento fabricado con goma libre de halógenos con una gran resistencia a agentes químicos, aceites,

rayos ultravioletas y soporta la inmersión en agua. El cable Powerflex PV ZZ-F es un cable flexible de clase 5 preparado para baja tensión hasta 1000V. Su conductor es de cobre electrolítico estañado, y gracias al diseño de sus materiales, puede ser instalado en todo tipo de condiciones ambientales: zonas húmedas y secas, instalación al aire libre, enterrado, e incluso sumergido en agua (AD8), sin que perjudique la vida útil del cable. (Top solar, 2019)

- 1 metro de Cable Verde ZZ-F 50 mm² y 1 metro de Cable Negro RV-K 50 mm²

El cable de 50mm² se utiliza en las instalaciones solares como cable de transporte de corriente entre la batería y el inversor. Se utiliza este tipo de cables porque la intensidad que circula por el mismo puede ser muy elevada entre las baterías y el inversor, provocando sobrecalentamientos si se utiliza un cable de sección insuficiente. El cable de 50mm² es de la marca Top Cable, y aunque normalmente se distribuye con una longitud de 1 metro, ya que la distancia entre baterías e inversor no debe ser elevada, se puede solicitar a medida distancias mayores. El cable tiene una moderada flexibilidad y está diseñado para satisfacer los requisitos más exigentes. El cable normalmente debe poseer unos terminales de la métrica adecuada en función de la tornillería de inversor y baterías. Gracias al diseño de sus materiales, puede ser instalado en todo tipo de condiciones ambientales, tanto en zonas húmedas como secas, sin que perjudique la vida útil del cable (Top solar, 2019).

- 1 repartidor y caja estanca para conexionado de paneles

Para la realización de los paralelos de los paneles de un modo sencillo, fiable y ampliable, adjuntamos el repartidor de 2 polos y su caja estanca donde lo instalaremos. Deberá de colocarse lo más próximo al grupo de paneles solares para así poder juntar el cableado de todos ellos en una sola pareja de cables positivo y negativo. De esta forma podemos realizar la conexión de solo un cable por polo al regulador de carga (este cable será de mayor sección que el

instalado entre los paneles solares y el repartidor de corriente, ya que por él pasará la suma de las corrientes de todos los módulos fotovoltaicos. Es de gran utilidad ya que permite hacer instalaciones limpias con un ahorro de cableado importante)

La conectividad del sistema se representa en la figura 22.



Figura 22. Componentes y conectividad en generación solar con baterías.

Fuente: (Rcienergys, 2019)

Escenario 2 - Implementación de una red de media tensión de 13.2 kV para la distribución de la energía eléctrica mediante parques fotovoltaicos.

A diferencia de los paneles solares por cada consumidor, la creación de una red de media tensión a 13.2 kV para la distribución de energía eléctrica generada a través del parque fotovoltaico permite que no existan restricciones en la potencia a entregar por causa del área limitada de los techos de las viviendas. Para la implementación de este modelo se pretende diseñar una Red de Media Tensión con una distancia aproximadamente de 4 km de conductor. Para todos los tramos serán 3 conductores, cable de aluminio AAAC 123.3 KCM, para poder brindar el servicio eléctrico a todos los usuarios del corregimiento.

La ruta para la implementación de dos parques fotovoltaicos (Kit de planta solar) de 499.2 W de generación cada uno se muestra en la figura 23, donde cada parque estará instalado en los extremos del municipio para mejorar la distribución y la generación de energía eléctrica de los paneles fotovoltaicos.

Se proponen utilizar postes de concreto sencillos más equipos de maniobras para la distribución de la red de MT, transformadores de 37.5 kV y herrajes de los apoyos (aisladores, tornillos, grapas, abrazaderas, entre otros) los cuales estarán apoyados en estructuras en configuración banderas y configuración horizontal, ver figuras 24 y 25.



Figura 23. Distribución de la Red de Media Tensión con generación mediante parques fotovoltaicos.

Fuente: (Google maps, 2019)

Las líneas de color rosado representan la ruta de la Red de Media Tensión y los círculos verdes la posición de los generadores fotovoltaicos (ver análisis topográfico).

Este modelo de distribución y generadores de energía permite que no exista una restricción en la potencia a causa del área limitada de los techos de las viviendas, por consiguiente, se puede incrementar la potencia de consumo por casa.

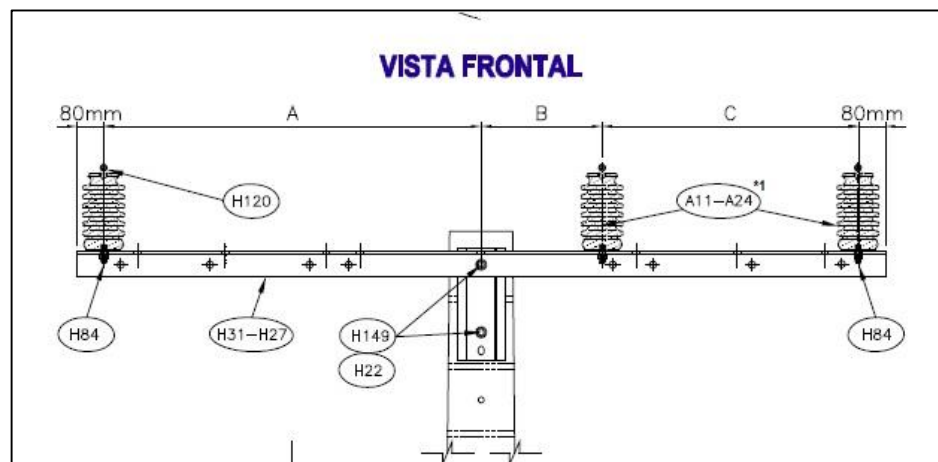


Figura 24. Configuración horizontal

Fuente: (Google maps, 2019)

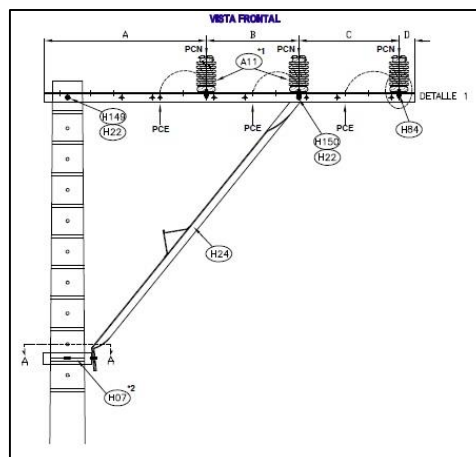


Figura 25. Configuración bandera **Fuente:** (Google maps, 2019)

Esta última configuración es muy utilizada en zonas rurales, ya que permite su utilización en calles angostas y en espacios reducidos, por lo que la implementación de este tipo de configuración brinda más seguridad que otros modelos en estas zonas del país.

Escenario 3- Implementación de red de media tensión de 13.2 kV conectado al Sistema Interconectado Nacional (SIN).

En este modelo se plantea adicionar redes de distribución necesarias para que el corregimiento de La Peña logre conectarse al SIN. A diferencia de los dos casos anteriores, la energía eléctrica es suministrada por la subestación eléctrica más cercana, que sería la localizada en Sabanalarga, y no tendría la falta de confiabilidad y la escasez de generación de los paneles fotovoltaicos si no existiera la radiación solar.

La distancia de conductores para la Red de Media Tensión es de 12 km dentro del corregimiento. Para lograr conectarse al SIN son 25 km de conductor de cable de aluminio AAAC 123.3 KCM más los apoyos y herrajes.

Resultados y discusiones

Calculo de la generación fotovoltaica de 1kW instalado en la Peña.

A continuación, se muestra la generación fotovoltaica en el municipio, se utilizaron tres fuentes para tener claridad de la generación día, mes y anual.

- a) Software RETScreen Expert – Generación día 5.4 kW/h
- b) Software Calculationsolar – Generación día 5.6 kW/h
- c) Datos ofrecidos por expertos – Generación día 5.5kW/h

d) Resumen de los resultados

Tabla 13.*Generación fotovoltaica en el municipio la Peña durante el año.*

	RETScreen Expert	Calculationsolar	Datos ofrecidos por expertos	Valores referencia
Mes	Generación kW/Mes			
Enero	162	163	162	162,3
Febrero	162	161	162	161,7
Marzo	162	164	163	163,0
Abril	162	163	161	162,0
Mayo	129,6	127	130	128,9
Junio	129,6	128	129	128,9
Julio	129,6	130	128	129,2
Agosto	80	81	80	80,3
Septiembre	81	80	81	80,7
Octubre	81	82	80	81,0
Noviembre	81	80	82	81,0
Diciembre	81	82	81	81,3
Generación Total año	1440,8 kW/año	1441 kW/año	1439 kW/año	1440,3 kW/año

Fuente: elaboración propia

Los datos obtenidos anteriormente de la generación en el municipio fueron promediados para tener un dato cercano de estas tres fuentes, dando como resultado un valor referencia.

Implementación de paneles fotovoltaicos para cada usuario sin baterías.

Para la implementación de este modelo se requiere un kit de planta solar de 1 kW, el producto fue cotizado en la compañía Ambiente Soluciones (Autosolar, 2019), las unidades presupuestadas para comprar son 3.600. La Tabla 14 muestra la cotización realizada.

Tabla 14.*Cotización de modelo 1 sin baterías*

Producto	Usuarios	Unidades x usuario	Capacidad	Unidades	Precio unitario	Valor total
Kit de planta solar	900	4	1 kW	3600	\$ 3.000.000	\$ 2.700.000.000

Fuente: (Autosolar, 2019)**Implementación de paneles fotovoltaicos para cada usuario con baterías.**

Para la implementación de este modelo se requiere un kit de planta Solar Fotovoltaico de 1000W 12V 4000Wh/día formado por 4x Panel Solar 200W 12V Policristalino SHS 6x Batería Estacionaria OPzS Ultracell 840Ah UZS840 2V 1x Inversor Cargador 1000W 12V PWM Must Solar Estructura Cubierta Metálica KH915 el producto fue cotizado en la compañía Ambiente Soluciones (Autosolar, 2019). Las unidades presupuestadas para comprar son 900, con baterías. La Tabla 15 muestra la cotización realizada.

Tabla 15.*Cotización de modelo 1 con baterías*

Producto	Usuarios	Unidades x usuario	Capacidad	Unidades	Precio unitario	Valor total
Kit de planta solar con fuente de almacenamiento	900	1	1000W a 12V 4000Wh/día	900	\$ 8.881.730	\$ 7.993.557.000

Fuente: (Autosolar, 2019)**Implementación de una Red de Media Tensión de 13.2 kV para la distribución de la energía eléctrica mediante parques fotovoltaico**

Para la implementación de una Red de Media Tensión en el municipio de La Peña, según Electricaribe, se necesitan 12 km de conductor, ver figura 26. Debido a la topografía del terreno los apoyos estarán a 35 metros de distancia. Para la implementación de este modelo se cotizaron los siguientes elementos:

- Transformadores de 37.5 kVA / 13.2kV
- Conductor de cable de aluminio AAAC 123.3 KCM
- Postes de concreto de 12m x 1350
- Herrajes

Las cotizaciones se realizaron con base a las ofertas que brindan diferentes proveedores, las cuales aparecen especificadas en Tabla 16.



Figura 26. Esquema de MT del corregimiento de La Peña
Fuente. BDI Electricaribe

Tabla 16.

Cotización de modelo 2

Elemento	Referencia	Cantidad/ unidad	Proveedor	Precio	Total
Red de Media Tensión (MT)	Conductor de cable de aluminio AAAC 123.3 KCM	12.000 m	(Alibaba, 2019)	6.500 x Metros	78.000.000
Transformadores	35 KVA	26	(Magnetron S.A.S., 2019)	2.800.000	72.800.000

Poste de concreto sencillo con/sin equipos de maniobra	12 m x 1.350	342	(INTER ELECTRICAS LTDA, 2019)	1.150.000	393.300.000
Herrajes	Global	342	(Electro de la Hoz S.A.S, 2019)	1.000.000	342.000.000
Kit de planta solar	499,200 kW	2	(Autosolar, 2019)	842.320.000	1.684.640.000
				Total	2.570.740.000

Fuente: Diseño propio

En el análisis de este modelo se tuvo en cuenta la misma cantidad de usuarios que en el primer modelo, 900 usuarios. La demanda de cada uno de ellos es de 1 kW, por lo que la generación para suplir la demanda sería de 499,200 kW cada generador, necesitándose un total de 4. En cuanto a los transformadores se necesitarían un total de 26 con una potencia de 35 kVA y una tensión de 13,2 kV.

Implementación de Red de MT conectado al SIN.

En este último modelo, se utilizan básicamente los mismos elementos del modelo anterior solo que se le añaden cantidades a los postes, herrajes y redes para llegar hasta la subestación. La Tabla 17 muestra cómo se encuentra detallada la cotización.

Tabla 17.

Cotización de modelo 3

Elemento	Referencia	Cantidad/ unidad	Proveedor	Precio	Total
Red primaria	Conductor de cable de aluminio AAAC 123.3 KCM	37.000 m	(Alibaba, 2019)	6.500 x Metros	\$ 240.500.000
Transformador	35 KVA	26	(Magnetron S.A.S., 2019)	2.800.000	72.800.000
Poste de concreto	12 m x 1350	1057	(INTER ELECTRICAS LTDA, 2019)	1.150.000	1.284.783.500

Herrajes	Global	1057	(Electro de la Hoz S.A.S, 2019)	1.000.000	1.057.000.000
				Total	\$ 2.655.083.500

Fuente: Diseño propio

Comparación de escenarios

De acuerdo a las estimaciones económicas se realizan simulaciones en función de la cantidad de usuarios para poder proponer lineamientos estratégicos para el crecimiento energético de la población de La Peña; para ello se realizaron las siguientes gráficas:

1. Modelo de instalación de un sistema fotovoltaico sin fuentes de almacenamiento para cada usuario.
2. Modelo de instalación de un sistema fotovoltaico con fuentes de almacenamiento para cada usuario.
3. Modelo de instalación de una red de distribución con dos parques solares de 450 kW sin fuentes de almacenamiento
4. Modelo de instalación de una línea de conexión al Sistema Interconexión Nacional y red de distribución.

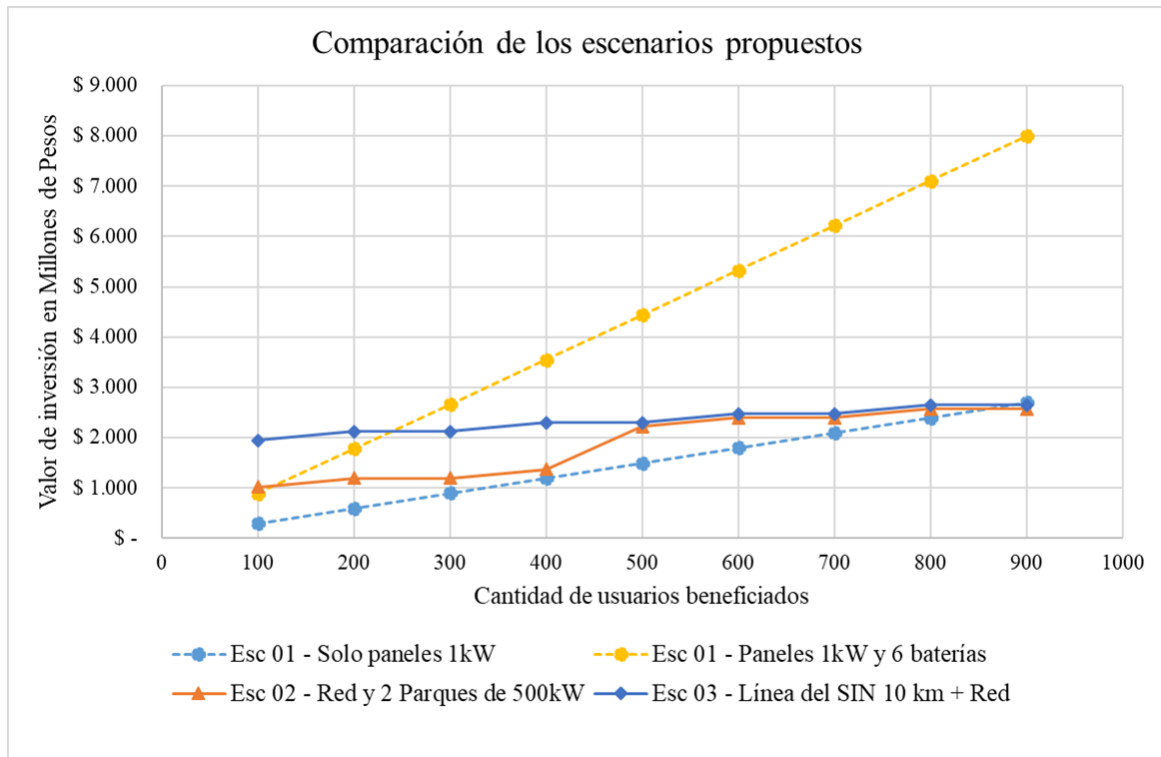


Figura 27. Comparación de los escenarios propuestos

Fuente: Diseño propio

Las comparaciones arrojan las siguientes conclusiones:

- El escenario de paneles solares sin batería es rentable siempre y cuando la población sea igual o menor a 100 usuario, y que las necesidades de la población energéticamente sean mínimas.
- El escenario de paneles solares con batería es rentable siempre y cuando la población sea igual o menor a 300 usuarios, que las necesidades de la población energéticamente sean igual o inferior a 1 kW, y que necesiten tener energía eléctrica durante todo el día.
- El escenario de Red y 2 parques de 500 kW, para este caso el cual dista de 10 km del SIN, es rentable plantearlo si la población es mayor o igual a 300 usuarios y existe poca dispersión dentro del estudio.

- El escenario de conexión al SIN es competitivo cuando se suministra el servicio eléctrico a una cantidad de consumidores igual o superior a los 900 usuarios.

Los modelos propuestos fueron teniendo en cuenta la población y la distancia con respecto al SIN, normalmente los proyectos FAZNI en las ZNI no tienen en cuenta las distancias, ni el crecimiento poblacional ni las pérdidas que representan las inversiones del proyectos ejecutado. La investigación indica que se debe realizar un análisis del crecimiento poblacional y las necesidades de la comunidad para poder ejecutar satisfactoriamente cualquier proyecto. En el escenario 1 solo es rentable si las poblaciones son pequeñas (no superiores a 100 usuarios), y su distribución en la zona no es dispersa.

Al implementar una Red de Media Tensión se debe tener la administración de un operador de red que sea el encargado del mantenimiento del Sistema Eléctrico de Potencia y realizar el cobro de la factura. Existe mucho riesgo inherente dejar la administración a los pobladores, porque ellos no están capacitados para el cuidado y la debida operación de los paneles solares y las baterías, poniendo en riesgos sus vidas y la factibilidad del proyecto.

La brecha económica presentada por la diferencia del escenario 1 con sistema de almacenamiento con respecto a los demás escenarios, permite plantear una alternativa diferente a un sistema de almacenamiento, como es la instalación de un sistema de generación diferente al sistema solar fotovoltaico, se recomienda la generación eólica por el potencial que posee la región y podrá ser aprovechado en horas nocturnas donde la generación solar es cero. Es recomendable que para una cantidad de 500 usuarios se diseñe una Red de Media Tensión con generación híbrida entre solar y eólica.

Se realiza una nueva simulación incluyendo un escenario donde la población dista a 20 km de la ZNI al SIN, para observar el efecto que tiene sobre los escenarios 1 y 2. En la figura 28 se observan los resultados obtenidos.

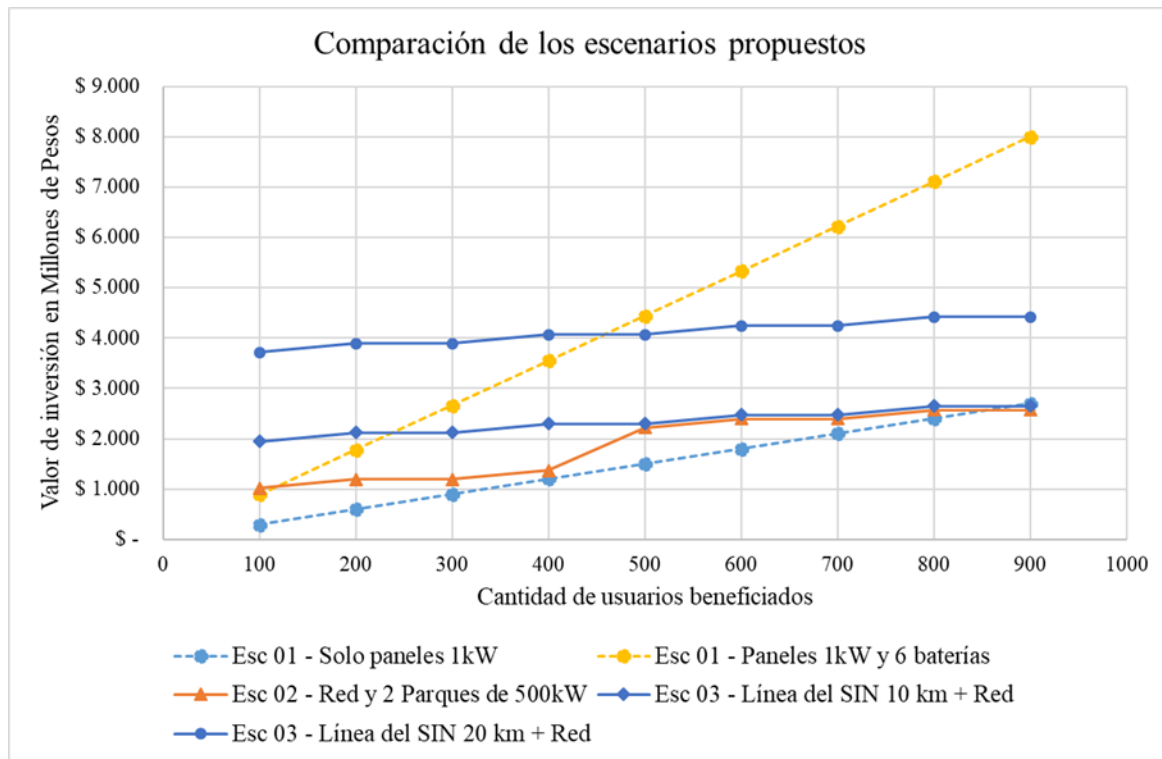


Figura 28. Comparación de los escenarios propuestos para una distancia de 20 km del SIN

Fuente: Diseño propio

Las comparaciones muestran que al aumentar la distancia a 20 km entre la ZNI y el SIN, es preferible diseñar una red de MT con fuentes de generación FNCER y lograr los requerimientos energéticos de la demanda, para luego buscar la conexión con el SIN y lograr una mayor confiabilidad y seguridad en el sistema.

Conclusiones

Con el desarrollo del trabajo se pudo evaluar diferentes escenarios para la prestación del servicio de energía eléctrica en un corregimiento por medio de generación con Fuentes No Convencionales de Energía Renovables bajo los lineamientos FAZNI.

Los resultados del modelo 1 muestra que la inversión para 900 usuarios es costoso y además poco rentable desde el punto de vista técnico- económico, mientras que el modelo 3 es el más costoso por la distancia que hay entre la localidad y el SIN. El modelo 2 es el menos costoso y es uno de los más efectivos para la implementación, ya que permite ampliar la cobertura de conexión y una posible interconexión futura con el SIN.

Comparaciones económicas de los escenarios

Paneles solares sin baterías	\$ 2.700.000.000
Paneles solares con baterías	\$ 7.993.557.000
Panales solares y Red de Media Tensión de 13.2 kV	\$ 2.570.740.000
Conexión al SIN	\$ 2.655.083.500

Los resultados presentan que el escenario 1 es rentable cuando la población es pequeña (<100) al igual que su demanda de energía eléctrica. Este escenario depende directamente del grado de dispersión de los usuarios, en nuestro caso la población se encuentra concentrada. Los resultados obtenidos en el estudio del escenario 2 son atractiva por razones económicas y técnicas, cuando se tienen una cantidad de usuarios superior a los 300. El diseño de la Red de Media Tensión es una decisión que puede ayudar a la expansión del SIN y mejorar la conectividad de nuevos usuarios.

La optimización de costos para el diseño de la línea de transmisión para la conexión del SIN, dependen en gran medida del costo de los conductores utilizados. Para el escenario 1 la consideración en uso de baterías genera un incremento de aproximadamente del 80% del valor de proyecto.

Las implementaciones de cualquiera de los modelos analizados son de gran ayuda para el desarrollo de la población del corregimiento, tanto desde el punto de vista económico y educativo, pues cuando se plantea la generación de energía para una ZNI se debe hacer un estudio de la población, como, por ejemplo: crecimiento poblacional, economía, plan de desarrollo, entre otros factores.

La planeación de estos modelos se realiza por el crecimiento poblacional que tienen las ZNI con el transcurrir de los años. El análisis que se realiza en el municipio de La Peña - Sabanalarga sirve de guía para cualquier región en Colombia y del mundo que tenga el nivel de radiación y distancias similares entre la comunidad y el SIN como las utilizadas en este trabajo investigativo.

Recomendaciones

Se recomienda realizar investigación considerando escenarios con inclusión de energía eólica, que permita dar confiabilidad y aumentar la generación en horarios donde los paneles solares no puedan brindar servicio; de manera que el uso o inversión adicional en baterías puede ser aprovechado para la optimización de sistemas de generación eólica o de biomasa.

Se recomienda realizar un estudio sobre los modelos económicos para la comercialización de energía eléctrica en el 2do escenario, que permita utilizar eficientemente la energía por parte de los usuarios.

Se recomienda realizar estudios para la implementación de un Sistema Híbrido utilizando parques fotovoltaicos y evaluar la confiabilidad del sistema.

Referencias

accuweather. (16 de 11 de 2017). *Clima en Atlantico*. Obtenido de

https://www.google.com.co/search?rlz=1C1CHBD_esCO800CO800&q=cual+es+el+clima+de+barranquilla&sa=X&ved=0ahUKEwiQmYjr2I7dAhXQneAKHS-MDW0Q1QIIkAEoAA&biw=1920&bih=974

Alcaldía de Bogotá. (2018). *Biblioteca Salud Capital*. Obtenido de

<http://biblioteca.saludcapital.gov.co/ambiental/index.shtml?apc=h1-3---&x=7042>

Alcaldía Sabanalarga. (06 de 02 de 2019). *Plan de Desarrollo Municipal*. Obtenido de

<http://cdim.esap.edu.co/BancoMedios/Documentos%20PDF/sabanalarga%20-%20atl%C3%A1tico%20-%20pd%20-%2008%20-%2011.pdf>

Alibaba. (2019). *Alibaba*. Obtenido de [https://spanish.alibaba.com/product-detail/naked-](https://spanish.alibaba.com/product-detail/naked-aluminum-conductor-cable-aaac-123-3-kcm-azusa-tu-3-7-threads-60558641232.html)

[aluminum-conductor-cable-aaac-123-3-kcm-azusa-tu-3-7-threads-60558641232.html](https://spanish.alibaba.com/product-detail/naked-aluminum-conductor-cable-aaac-123-3-kcm-azusa-tu-3-7-threads-60558641232.html)

ambientesoluciones. (10 de 12 de 2017). *Ambiente Soluciones Energia Solar-Led*. Obtenido de

https://www.ambientesoluciones.com/sitio/productos_mo_tienda.php?it=6555

Autosolar. (2019). *Autosolar*. Obtenido de [https://autosolar.es/kit-solar-aislada/kit-solar-](https://autosolar.es/kit-solar-aislada/kit-solar-fotovoltaico-1000w-12v-4000whdia)

[fotovoltaico-1000w-12v-4000whdia](https://autosolar.es/kit-solar-aislada/kit-solar-fotovoltaico-1000w-12v-4000whdia)

Autosolar. (2019). *Autosolar*. Obtenido de [https://autosolar.es/kit-solar-aislada/kit-solar-](https://autosolar.es/kit-solar-aislada/kit-solar-fotovoltaico-1000w-12v-4000whdia)

[fotovoltaico-1000w-12v-4000whdia](https://autosolar.es/kit-solar-aislada/kit-solar-fotovoltaico-1000w-12v-4000whdia)

Bauer. (2019). *Bauer*. Obtenido de <https://autosolar.es/pdf/ficha-tecnica-panel-200-bauer.pdf>

Bustos González, J. F., Sepulveda, A. L., & Triviño Aponte, K. (2014). ZONAS NO

INTERCONECTADAS ELÉCTRICAMENTE EN COLOMBIA: PROBLEMAS Y PERSPECTIVA. *ECONOGRAFOS*, 1-27.

Callec, J., Caumon, P., Capely, L., & Radvanji, E. (2017). Benefits of large-scale energy storage systems in French islands. *IEEE*, 1593 - 1596 .

Castillo Ramírez, A., Villada Duque, F., & Valencia Velásquez, J. (2014). Diseño multiobjetivo de un sistema híbrido eólico-solar con baterías para zonas no interconectadas. *Tecnura Vol. 18 N° 39*, 77 - 93.

CODENSA. (20 de 1 de 2018). *CODENSA*. Obtenido de

file:///D:/Descargas/cargas_maximas.pdf

conpes. (29 de junio de 2010). *ministerio de minas y energia*. Obtenido de

<https://www.dropbox.com/sh/ab1kt7i7wjh9bwy/AADCpnhyO4esMQEgWtuPskB4a?dl=0&preview=RESOLUCION+181200+DE+2010.pdf>

conpes. (5 de agosto de 2011). *ministerio de minas y energia*. Obtenido de

<https://www.dropbox.com/sh/ab1kt7i7wjh9bwy/AADCpnhyO4esMQEgWtuPskB4a?dl=0&preview=RESOLUCION+181272+DE+2011.pdf>

CREG. (18 de Diciembre de 2003). *CREG*. Obtenido de

<http://www.creg.gov.co/index.php/es/sectores/energia/zni-energia>

CREG. (2018). Obtenido de <http://www.creg.gov.co/index.php/es/creg/quienes-somos/objetivo>

DANE. (2005). *Censo Básico*. Obtenido de

<http://systema59.dane.gov.co/cgibin/RpWebEngine.exe/PortalAction?&MODE=MAIN&BASE=CG2005BASICO&MAIN=WebServerMain.inl>

Departamento De Ciencias De La Computacion Universidad De Chile . (s.f.). *DCC*. Obtenido de

<https://users.dcc.uchile.cl/~roseguel/celdasolar.html>

Ecoheat . (s.f.). *Ecoheat* . Obtenido de <https://ecoheat.com.mx/la-vida-util-de-un-panel-solar-es/>

Electricaribe. (10 de 11 de 2017). *pagos electricaribe*. Recuperado el 10 de 11 de 2017, de

<https://pagoselectricaribe.facture.co/Consulta#/View/6722007117/Factura%20electricaribe/true/6722007117/false>

Electricaribe. (11 de 12 de 2017). *pagos electricaribe*. Obtenido de

<https://pagoselectricaribe.facture.co/Consulta#/List>

Electricaribe. (2017). *Software BDI v10*. Barranquilla.

Electricaribe. (2017). *Software BDI v10*. Barranquilla.

Electro de la Hoz S.A.S. (2019). *Electro de la Hoz S.A.S*. Obtenido de

<http://www.electrodelahozsas.com/>

Energía solar. (08 de 04 de 2019). Obtenido de <https://solar-energia.net/ventajas-desventajas>

Estado del tiempo. (08 de 04 de 2019). Obtenido de

https://salidaypuestadelosol.com/cuba/colombia_4081.html

Esteve Gómez, N. (07 de 02 de 2011). *ENERGIZACIÓN DE LAS ZONAS NO*

INTERCONECTADAS A PARTIR DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES SOLAR Y

EÓLICA. BOGOTÁ D.C.: PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA. Obtenido de

<https://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/eambientales/tesis121.pdf>

Flórez Acosta, J. H., Tobón Orozco, D., & Castillo Quintero, G. A. (2009). ¿HA SIDO

EFFECTIVA LA PROMOCIÓN DE SOLUCIONES ENERGÉTICAS EN LAS ZONAS NO. *Cuadernos de Administración*, 219-245.

GÁLVEZ GARZÓN, J. S., & GUTIÉRREZ GALLEGOS, R. (2013). *PROYECTO PARA LA*

IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA

PARA LA POBLACIÓN WAYUU EN NAZARETH CORREGIMIENTO DEL MUNICIPIO

DE URIBIA, DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA – COLOMBIA (Tesis de pregrado).

Guajira: Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD.

Gamboa Palacios, Y. A. (2016). *GESTIÓN DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN ZONAS NO INTERCONECTADAS (En comunidades menores a 500 habitantes) EN EL PACÍFICO COLOMBIANO (Tesis de pregrado)*. Medellín: UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA.

Gómez Ramírez , J., Murcia Murcia, J., & Cabeza Rojas, I. (2017). *LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA EN COLOMBIA: POTENCIALES, ANTECEDENTES Y PERSPECTIVAS*. Universidad Santo Tomás, Bogotá,.

GÓMEZ, N. E. (08 de 04 de 2019). *Universidad javeriana*. Obtenido de <https://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/eambientales/tesis121.pdf>

González, A. (2017). La regulación francesa, ejemplar para el fomento del autoconsumo y de la transición energética. *union española fotovoltaica (UNEF)*, <https://unef.es/2017/03/la-regulacion-francesa-ejemplar-para-el-fomento-del-autoconsumo-y-de-la-transicion-energetica/>.

Google maps. (23 de 04 de 2019). *Google*. Obtenido de Google: <https://www.google.com/maps/dir/Sabanalarga,+Atl%C3%A1ntico/La+Pe%C3%B1a,+Sabanalarga,+Atl%C3%A1ntico/@10.5876569,-75.0209738,640m/data=!3m1!1e3!4m3!4m2!1m5!1m1!1s0x8ef5dfcab9b9670b:0x3eb4eb264c9fee44!2m2!1d-74.920163!2d10.632409!1m5!1m1!1s0x8ef60b1aee4>

Grimaldo Guerrero, J. W., Mendoza Becerra, M., & Reyes Calle, W. P. (Mayo 2017). Forecast Electricity Demand Model Using Predicted Values of Sectorial Gross Domestic Product: Case of Colombia. *Revista Espacios Vol. 38 (22), 38*.

Hernandez, J., Trujillo, C. L., & Santamaría, F. (2015). Photovoltaic Projects Developed in Non-Interconnected Zones in Colombia. *IEEE*.

IDB. (29 de Febrero de 2016). Obtenido de Inter-American Development Bank :

<https://www.iadb.org/en/news/news-releases/2016-02-29/colombia-steps-up-the-expansion-of-energy-services%2C11410.html>

Ingeneria y construccion s.a. (2017). Obtenido de

https://www.hgingeneria.com.co/portfolio_page/sistemas-fotovoltaicos-municipio-de-tierralta-cordoba-2/

INTER ELECTRICAS LTDA. (2019). *INTER ELECTRICAS LTDA*. Obtenido de INTER ELECTRICAS LTDA:

<http://www.interelectricas.com.co/subcatego.php?idcategoria=25&idsubcategoria=99&subcategoria=Postes%20de%20Concreto>

IPSE. (Julio de 2014). *IPSE*. Obtenido de

<https://www.minminas.gov.co/documents/10180/742159/09C-SolucionesEnergeticasZNI-IPSE.pdf/2871b35d-eaf7-4787-b778-ee73b18dbc0e>

IPSE. (12 de 11 de 2018). *IPSE*. Obtenido de IPSE: <http://www.ipse.gov.co/proyectos/fazni-estado>

IPSE, CONPES 3108 - 2001 y 3453 -2006 (MME 1 de 02 de 2019).

MADS. (2018). Obtenido de <http://www.minambiente.gov.co/index.php/normativa/conpes>

Magnetron S.A.S. (2019). *Magnetron S.A.S*. Obtenido de <http://www.magnetron.com.co/es/>

MINISTERIO. (10 de 11 de 2018). *MME*. Obtenido de MME:

<https://www.minminas.gov.co/fazni>

Ministerio de Minas y Energía. (s.f.). *MINMINAS*. Obtenido de MINMINAS:

<https://www.minminas.gov.co/fazni1>

Ministerio de Minas y Energía. (s.f.). *MINMINAS*. Obtenido de MINMINAS:

<https://www.minminas.gov.co/faer1>

MME (FAER), Ley 788 de 2002 (02 de 14 de 2019).

MME. (11 de julio de 1994). *adebul*. Obtenido de adebul:

<https://www.dropbox.com/sh/ab1kt7i7wjh9bwy/AADCpnhyO4esMQEgWtuPskB4a?dl=0&preview=LEY+143+DE+1994.pdf>

MME. (28 de agosto de 2001). *conpes*. Obtenido de conpes:

<https://www.dropbox.com/sh/ab1kt7i7wjh9bwy/AADCpnhyO4esMQEgWtuPskB4a?dl=0&preview=LEY+689+DE+2001.pdf>

MME. (abril de 2001). *conpes*. Obtenido de conpes:

<https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/3108.pdf>

MME. (27 de diciembre de 2002). *el abebul*. Obtenido de el adebul:

<https://www.dropbox.com/sh/ab1kt7i7wjh9bwy/AADCpnhyO4esMQEgWtuPskB4a?dl=0&preview=LEY+788+DE+2002.pdf>

MME. (18 de diciembre de 2003). *conpes*. Obtenido de conpes:

<https://www.dropbox.com/sh/ab1kt7i7wjh9bwy/AADCpnhyO4esMQEgWtuPskB4a?dl=0&preview=LEY+0855+DE+2003.pdf>

MME. (enere de 2004). *CONPES*. Obtenido de conpes:

<https://www.minenergia.gov.co/documents/10180/655199/Decreto-257-2004.pdf/2007c97e-4440-4d50-a279-fc213c409908>

MME. (27 de diciembre de 2006). *adebul*. Obtenido de adebul:

<https://www.dropbox.com/sh/ab1kt7i7wjh9bwy/AADCpnhyO4esMQEgWtuPskB4a?dl=0&preview=LEY+1117+DE+2006.pdf>

MME. (diciembre de 2006). *conpes*. Obtenido de conpes:

http://www.nuevaleislacion.com/files/susc/cdj/conc/conpes_3453.pdf

MME. (diciembre de 2007). *conpes*. Obtenido de conpes:

<https://www.dropbox.com/sh/ab1kt7i7wjh9bwy/AADCpnhyO4esMQEgWtuPskB4a?dl=0&preview=MODIFICACION+RESOLUCION+CREG+091+DE+2007.pdf>

MME. (13 de febrero de 2007). *CONPES*. Obtenido de conpes:

<https://www.minenergia.gov.co/documents/10180/23517/20887-1525.pdf>

MME. (11 de abril de 2008). *conpes*. Obtenido de conpes:

<https://www.dropbox.com/sh/ab1kt7i7wjh9bwy/AADCpnhyO4esMQEgWtuPskB4a?dl=0&preview=DECRETO+1124+DE+ABRIL+DE+2008.pdf>

MME. (09 de junio de 2008). *conpes*. Obtenido de conpes:

<https://www.minenergia.gov.co/decretos-modificatorios>

MME. (11 de abril de 2008). *CONPES*. Obtenido de

<https://www.dropbox.com/sh/ab1kt7i7wjh9bwy/AADCpnhyO4esMQEgWtuPskB4a?dl=0&preview=DECRETO+1122+ABRIL+DE+2008.pdf>

MME. (8 de mayo de 2008). *ministerio de minas y energia*. Obtenido de

<https://www.dropbox.com/sh/ab1kt7i7wjh9bwy/AADCpnhyO4esMQEgWtuPskB4a?dl=0&preview=RESOLUCION+180648+DE+2008.pdf>

MME. (13 de junio de 2008). *ministerio de minas y energia*. Obtenido de

<https://www.dropbox.com/sh/ab1kt7i7wjh9bwy/AADCpnhyO4esMQEgWtuPskB4a?dl=0&preview=RESOLUCION+180910+DE+2008.pdf>

MME. (8 de enero de 2009). *conpes*. Obtenido de conpes:

<https://www.dropbox.com/sh/ab1kt7i7wjh9bwy/AADCpnhyO4esMQEgWtuPskB4a?dl=0&preview=RESOLUCION+180018+DE+2009.pdf>

MME. (29 de enero de 2009). *conpes*. Obtenido de conpes:

<https://www.dropbox.com/sh/ab1kt7i7wjh9bwy/AADCpnhyO4esMQEgWtuPskB4a?dl=0&preview=RESOLUCION+180069+DE+2008.pdf>

MME. (mayo de 2009). *conpes*. Obtenido de conpes:

https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/3857_RedTerciaria.pdf

MME. (1 de junio de 2009). *ministerio de minas y energia*. Obtenido de

<https://www.minenergia.gov.co/decretos-modificatorios>

MME. (29 de junio de 2009). *ministerio de minas y energia*. Obtenido de

<https://www.dropbox.com/sh/ab1kt7i7wjh9bwy/AADCpnhyO4esMQEgWtuPskB4a?dl=0&preview=RESOLUCION+181056+DE+2009.pdf>

MME. (27 de noviembre de 2010). *adebul*. Obtenido de adebul:

<https://www.dropbox.com/sh/ab1kt7i7wjh9bwy/AADCpnhyO4esMQEgWtuPskB4a?dl=0&preview=LEY+1117+DE+2006.pdf>

MME. (8 de enero de 2010). *conpes*. Obtenido de conpes:

<https://www.dropbox.com/sh/ab1kt7i7wjh9bwy/AADCpnhyO4esMQEgWtuPskB4a?dl=0&preview=LEY+1376+DE+2010.pdf>

MME. (22 de febrero de 2011). *conpes*. Obtenido de conpes:

<https://www.minenergia.gov.co/decretos-modificatorios>

MME. (22 de febrero de 2011). *CONPES*. Obtenido de CONPES:

<https://www.dropbox.com/sh/ab1kt7i7wjh9bwy/AADCpnhyO4esMQEgWtuPskB4a?dl=0&preview=RESOLUCION+180196+DE+2011.pdf>

MME. (28 de diciembre de 2012). *conpes*. Obtenido de conpes:

<https://www.dropbox.com/sh/ab1kt7i7wjh9bwy/AADCpnhyO4esMQEgWtuPskB4a?dl=0&preview=RESOLUCION+91873+DE+2012.pdf>

MME. (28 de diciembre de 2012). *conpes*. Obtenido de conpes:

<https://www.dropbox.com/sh/ab1kt7i7wjh9bwy/AADCpnhyO4esMQEgWtuPskB4a?dl=0&preview=RESOLUCION+91874+DE+2012.pdf>

MME. (3 de febrero de 2012). *conpes*. Obtenido de conpes:

<https://www.dropbox.com/sh/ab1kt7i7wjh9bwy/AADCpnhyO4esMQEgWtuPskB4a?dl=0&preview=RESOLUCION+180115+DE+2012.pdf>

MME. (16 de febrero de 2012). *conpes*. Obtenido de conpes: [http://www.suin-](http://www.suin-juriscol.gov.co/viewDocument.asp?id=1086019)

[juriscol.gov.co/viewDocument.asp?id=1086019](http://www.suin-juriscol.gov.co/viewDocument.asp?id=1086019)

MME. (31 de enero de 2012). *conpes*. Obtenido de conpes:

<https://www.minenergia.gov.co/decretos-modificatorios>

MME. (27 de marzo de 2012). *ministerio de minas y energia*. Obtenido de

<https://www.dropbox.com/sh/ab1kt7i7wjh9bwy/AADCpnhyO4esMQEgWtuPskB4a?dl=0&preview=RESOLUCION+180465+DE+2012.pdf>

MME. (11 de mayo de 2012). *ministerio de minas y energia*. Obtenido de

<https://www.dropbox.com/sh/ab1kt7i7wjh9bwy/AADCpnhyO4esMQEgWtuPskB4a?dl=0&preview=RESOLUCION+180712+DE+2012.pdf>

MME. (24 de junio de 2012). *ministerio de minas y energia*. Obtenido de

<https://www.dropbox.com/sh/ab1kt7i7wjh9bwy/AADCpnhyO4esMQEgWtuPskB4a?dl=0&preview=RESOLUCION+181031+DE+2009.pdf>

MME. (17 de julio de 2013). *conpes*. Obtenido de conpes:

<http://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=65468>

MME. (28 de 03 de 2013). *MME*. Obtenido de MME:

<https://www.minminas.gov.co/documents/10180//23517//22674-Acuerdo+001+CA.pdf>

MME. (13 de mayo de 2014). *conpes*. Obtenido de conpes:

<https://www.dropbox.com/sh/ab1kt7i7wjh9bwy/AADCpnhyO4esMQEgWtuPskB4a?dl=0&preview=LEY+1715+DE+2014.pdf>

MME. (23 de enero de 2014). *conpes*. Obtenido de conpes:

<https://www.dropbox.com/sh/ab1kt7i7wjh9bwy/AADCpnhyO4esMQEgWtuPskB4a?dl=0&preview=RESOLUCIN+CREG+004+DE+2014.pdf>

MME. (22 de julio de 2014). *conpes*. Obtenido de conpes:

<http://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=77134>

MME. (Julio de 2014). *SOLUCIONES ENERGÉTICAS*. Obtenido de

<https://www.minenergia.gov.co/documents/10180/742159/09C-SolucionesEnergeticasZNI-IPSE.pdf/2871b35d-eaf7-4787-b778-ee73b18dbc0e>

MME. (30 de diciembre de 2015). *apolo*. Obtenido de

<http://apolo.creg.gov.co/Publicac.nsf/1aed427ff782911965256751001e9e55/7cf24c745349e2bd05257f2b006a3c1a?OpenDocument>

MME. (26 de mayo de 2015). *conpes*. Obtenido de conpes:

<https://www.dropbox.com/sh/ab1kt7i7wjh9bwy/AADCpnhyO4esMQEgWtuPskB4a?dl=0&preview=DECRRETO+1073+MAYO+DE+2015.pdf>

MME. (enero de 2015). *conpes*. Obtenido de conpes: [http://www.suin-](http://www.suin-juriscol.gov.co/viewDocument.asp?id=30019725)

[juriscol.gov.co/viewDocument.asp?id=30019725](http://www.suin-juriscol.gov.co/viewDocument.asp?id=30019725)

MME. (11 de agosto de 2015). *conpes*. Obtenido de conpes:

<https://www.minenergia.gov.co/documents/10180/23517/36632-Decreto-1623-11Ago2015.pdf>

MME. (4 de noviembre de 2015). *conpes*. Obtenido de conpes:

<https://www.minenergia.gov.co/decretos-modificatorios>

MME. (2016). *conpes*. Obtenido de conpes:

<https://www.dropbox.com/sh/ab1kt7i7wjh9bwy/AADCpnhyO4esMQEgWtuPskB4a?dl=0&preview=RESOLUCION+40095+DE+2016.pdf>

MME. (17 de 11 de 2017). *MME*. Obtenido de MME:

https://www.minminas.gov.co/documents/10192/23928881/041017_acta_067_CAFAZNI_0817.pdf/512d4819-15ce-4baf-8ab8-8295c495afe6

MME. (08 de junio de 2018). Obtenido de <https://www.minminas.gov.co/faer>.

MME. (3 de 11 de 2018). Obtenido de [http://www.ipse.gov.co/ipse/manual-de-](http://www.ipse.gov.co/ipse/manual-de-funciones/category/60-manual-funciones-ipse-2015?download=227:tomo-1-marzo-2015)

[funciones/category/60-manual-funciones-ipse-2015?download=227:tomo-1-marzo-2015](http://www.ipse.gov.co/ipse/manual-de-funciones/category/60-manual-funciones-ipse-2015?download=227:tomo-1-marzo-2015)

MME. (3 de 11 de 2018). Obtenido de la cual se adopta el Plan de Acción Indicativo 2010-2015 para desarrollar el Programa de Uso Racional y Eficiente de la Energía y demás Formas de Energía No Convencionales

MME. (23 de diciembre de 2018). *conpes*. Obtenido de conpes:

<https://www.dropbox.com/sh/ab1kt7i7wjh9bwy/AADCpnhyO4esMQEgWtuPskB4a?dl=0&preview=DECRETO+4813+DICIEMBRE+DE++2008.pdf>

MME. (30 de 09 de 2018). *Soluciones Energeticas*. Obtenido de

<https://www.minminas.gov.co/documents/10180/742159/09C-SolucionesEnergeticasZNI-IPSE.pdf/2871b35d-eaf7-4787-b778-ee73b18dbc0e>

MME. (3 de 04 de 2019). Obtenido de

https://www.minenergia.gov.co/documents/10180/468021/Manual_FAZNI.pdf/56727b23-ed3c-47b2-b406-c2e06a45311b

Must. (2019). *Must*. Obtenido de <https://autosolar.es/pdf/FICHA-INVERSOR-MUST-1000W-PWM.pdf>

Neplan. (1998). *Neplan*. Obtenido de <https://www.neplan.ch/?lang=es>

Orozco, Y. U. (2012). Power Quality Performance of a Grid-Tie Photovoltaic System in Colombia. *IEEE*.

Ospino Castro, A. J. (2010). Analisis Del Potencial Energetico Solar En La Region. *Inge-CUC*, 6(6). Obtenido de

<https://revistascientificas.cuc.edu.co/ingecuc/article/download/296/286/>

Pasqualino, J., Cabrera, C., & Chamorro, V. M. (2014). Los impactos ambientales de la implementación de las energías eólica y solar en el Caribe Colombiano. *Prospect*, 68-75.

Plan de desarrollo . (2016). Obtenido de

<http://cdim.esap.edu.co/bancomedios/documentos%20pdf/sabanalargaatl%C3%A1nticopd20122015.pdf>

Plan De Desarrollo Municipal. (4 de 04 de 2019). Obtenido de

<http://cdim.esap.edu.co/BancoMedios/Documentos%20PDF/sabanalarga%20-%20atl%C3%A1ntico%20-%20pd%20-%2008%20-%2011.pdf>

Rcienergys. (2019). *Rcienergys*. Obtenido de <https://rcienergyshop.com/products/kit-tipo-isla-100-autonomo-de-1kw>

Renovable. (26 de febrero de 2018). Obtenido de <https://erenovable.com/energias-renovables/>

Rodríguez Murcia, H. (2009). Desarrollo de la energía solar en Colombia y sus perspectivas. *revista de ingeniería. Universidad de los Andes.*, 83-89.

RUIZ MOLANO. (15 de 11 de 2018). Obtenido de

<http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/3866/1/RUIZ%20MOLANO%20ANDRES-SANCHEZ%20CASTILLO%20LUIS%202016.pdf>

Solutechnia. (11 de 12 de 2017). *Solutechnia*. Obtenido de

<http://www.solutechnia.com.co/index.php/soluciones/energia-solar/sistemas-integrados-a-la-red>

Sunfer energy structures. (2019). *Sunfer energy structures*. Obtenido de

<https://autosolar.es/pdf/Estructura-Paneles-Solares-KH915.pdf>

Top solar. (2019). *Top solar*. Obtenido de https://autosolar.es/pdf/Cable_TOPSOLAR_ZZ-F.pdf

twenergy. (01 de 12 de 2011). Obtenido de <https://twenergy.com/a/las-ventajas-de-la-energia-electrica-404>

Ultracell. (2019). *Ultracell*. Obtenido de <https://autosolar.es/pdf/Ultracell-UZS840-2.pdf>

UPME. (enero de 2004). *conpes*. Obtenido de conpes:

<https://www.minenergia.gov.co/documents/10180/655199/Decreto-255-2004.pdf/3b15f777-bb36-46f8-afb3-b7ff1a676e89>

UPME. (16 de JUNIO de 2014). *UPME*. Obtenido de

<http://www1.upme.gov.co/simco/PlaneacionSector/Documents/PNOM-Resolucion-Anexo.pdf>

Wikipedia. (10 de Septiembre de 2018). *La Peña (Atlántico)*. Obtenido de

[https://es.wikipedia.org/wiki/La_Pe%C3%B1a_\(Atl%C3%A1ntico\)](https://es.wikipedia.org/wiki/La_Pe%C3%B1a_(Atl%C3%A1ntico))

wikipedia.org. (28 de 9 de 2017). *wikipedia.org*. (wikipedia.org) Recuperado el 23 de 10 de 2017, de

https://es.wikipedia.org/wiki/Ministerio_del_Poder_Popular_para_la_Energ%C3%ADa_El%C3%A9ctrica

Windy. (04 de 2019). *windy*. Obtenido de <https://www.windy.com/es/-Capa-de-ozono-ozone?ozone,10.581,-74.943,13>

Zuñiga, I. E., & Botina, Y. F. (2012). Technical Economic Study for the Implementation of Autonomous Photovoltaic Systems in the Residential Sector of Colombia. *IEEE*.

Anexos

Anexo 01

2019	SOL				
	salida	cenit	puesta	horas de sol	
01.01	7:47	13:14	18:40	10:52	+0:17
02.01	7:48	13:14	18:41	10:53	+0:19
03.01	7:48	13:15	18:41	10:53	+0:19
04.01	7:48	13:15	18:42	10:53	+0:22
05.01	7:49	13:16	18:43	10:54	+0:23
06.01	7:49	13:16	18:43	10:54	+0:25
07.01	7:49	13:17	18:44	10:55	+0:27
08.01	7:49	13:17	18:45	10:55	+0:28
09.01	7:49	13:17	18:45	10:55	+0:29
10.01	7:50	13:18	18:46	10:56	+0:31
11.01	7:50	13:18	18:47	10:57	+0:32
12.01	7:50	13:19	18:47	10:57	+0:34
13.01	7:50	13:19	18:48	10:58	+0:35
14.01	7:50	13:19	18:49	10:58	+0:37
15.01	7:50	13:20	18:49	10:59	+0:38
16.01	7:50	13:20	18:50	11:00	+0:39
17.01	7:50	13:20	18:51	11:00	+0:40
18.01	7:50	13:21	18:51	11:01	+0:43
19.01	7:50	13:21	18:52	11:02	+0:43
20.01	7:50	13:21	18:53	11:02	+0:44
21.01	7:50	13:22	18:53	11:03	+0:45
22.01	7:50	13:22	18:54	11:04	+0:46
23.01	7:50	13:22	18:55	11:05	+0:48
24.01	7:49	13:22	18:55	11:06	+0:49
25.01	7:49	13:23	18:56	11:06	+0:50
26.01	7:49	13:23	18:57	11:07	+0:50
27.01	7:49	13:23	18:57	11:08	+0:52
28.01	7:49	13:23	18:58	11:09	+0:54
29.01	7:48	13:24	18:59	11:10	+0:53
30.01	7:48	13:24	18:59	11:11	+0:55
31.01	7:48	13:24	19:00	11:12	+0:56
01.02	7:47	13:24	19:01	11:13	+0:56
02.02	7:47	13:24	19:01	11:14	+0:57
03.02	7:47	13:24	19:02	11:15	+0:59
04.02	7:46	13:24	19:02	11:16	+0:59
05.02	7:46	13:25	19:03	11:17	+0:59
06.02	7:46	13:25	19:04	11:18	+1:01
07.02	7:45	13:25	19:04	11:19	+1:00
08.02	7:45	13:25	19:05	11:20	+1:02
09.02	7:44	13:25	19:05	11:21	+1:03
10.02	7:44	13:25	19:06	11:22	+1:03

11.02	7:43	13:25	19:06	11:23	+1:03
12.02	7:43	13:25	19:07	11:24	+1:05
13.02	7:42	13:25	19:08	11:25	+1:04
14.02	7:42	13:25	19:08	11:26	+1:05
15.02	7:41	13:25	19:09	11:27	+1:06
16.02	7:40	13:25	19:09	11:28	+1:06
17.02	7:40	13:25	19:10	11:29	+1:07
18.02	7:39	13:25	19:10	11:30	+1:07
19.02	7:39	13:25	19:11	11:32	+1:08
20.02	7:38	13:24	19:11	11:33	+1:08
21.02	7:37	13:24	19:11	11:34	+1:08
22.02	7:37	13:24	19:12	11:35	+1:09
23.02	7:36	13:24	19:12	11:36	+1:09
24.02	7:35	13:24	19:13	11:37	+1:10
25.02	7:34	13:24	19:13	11:38	+1:09
26.02	7:34	13:24	19:14	11:40	+1:10
27.02	7:33	13:23	19:14	11:41	+1:10
28.02	7:32	13:23	19:14	11:42	+1:11
01.03	7:31	13:23	19:15	11:43	+1:10
02.03	7:30	13:23	19:15	11:44	+1:11
03.03	7:30	13:23	19:16	11:45	+1:12
04.03	7:29	13:22	19:16	11:47	+1:11
05.03	7:28	13:22	19:16	11:48	+1:12
06.03	7:27	13:22	19:17	11:49	+1:11
07.03	7:26	13:22	19:17	11:50	+1:12
08.03	7:26	13:22	19:17	11:51	+1:13
09.03	7:25	13:21	19:18	11:53	+1:11
10.03	7:24	13:21	19:18	11:54	+1:13
11.03	7:23	13:21	19:18	11:55	+1:12
12.03	7:22	13:20	19:19	11:56	+1:13
13.03	7:21	13:20	19:19	11:57	+1:13
14.03	7:20	13:20	19:19	11:59	+1:12
15.03	7:19	13:20	19:20	12:00	+1:13
16.03	7:18	13:19	19:20	12:01	+1:12
17.03	7:18	13:19	19:20	12:02	+1:13
18.03	7:17	13:19	19:21	12:04	+1:13
19.03	7:16	13:18	19:21	12:05	+1:13
20.03	7:15	13:18	19:21	12:06	+1:12
21.03	7:14	13:18	19:22	12:07	+1:13
22.03	7:13	13:17	19:22	12:08	+1:13
23.03	7:12	13:17	19:22	12:10	+1:13
24.03	7:11	13:17	19:22	12:11	+1:13
25.03	7:10	13:16	19:23	12:12	+1:12
26.03	7:09	13:16	19:23	12:13	+1:13
27.03	7:08	13:16	19:23	12:14	+1:12
28.03	7:07	13:16	19:24	12:16	+1:13
29.03	7:07	13:15	19:24	12:17	+1:12
30.03	7:06	13:15	19:24	12:18	+1:12
31.03	7:05	13:15	19:24	12:19	+1:12
01.04	7:04	13:14	19:25	12:20	+1:12
02.04	7:03	13:14	19:25	12:22	+1:12
03.04	7:02	13:14	19:25	12:23	+1:12

04.04	7:01	13:13	19:26	12:24	+1:11
05.04	7:00	13:13	19:26	12:25	+1:11
06.04	6:59	13:13	19:26	12:26	+1:11
07.04	6:58	13:13	19:27	12:28	+1:11
08.04	6:58	13:12	19:27	12:29	+1:11
09.04	6:57	13:12	19:27	12:30	+1:10
10.04	6:56	13:12	19:27	12:31	+1:11
11.04	6:55	13:11	19:28	12:32	+1:10
12.04	6:54	13:11	19:28	12:33	+1:09
13.04	6:53	13:11	19:28	12:35	+1:09
14.04	6:53	13:11	19:29	12:36	+1:09
15.04	6:52	13:10	19:29	12:37	+1:09
16.04	6:51	13:10	19:29	12:38	+1:09
17.04	6:50	13:10	19:30	12:39	+1:08
18.04	6:49	13:10	19:30	12:40	+1:07
19.04	6:49	13:09	19:30	12:41	+1:08
20.04	6:48	13:09	19:31	12:43	+1:06
21.04	6:47	13:09	19:31	12:44	+1:07
22.04	6:46	13:09	19:32	12:45	+1:05
23.04	6:46	13:09	19:32	12:46	+1:06
24.04	6:45	13:09	19:32	12:47	+1:06
25.04	6:44	13:08	19:33	12:48	+1:04
26.04	6:43	13:08	19:33	12:49	+1:04
27.04	6:43	13:08	19:33	12:50	+1:03
28.04	6:42	13:08	19:34	12:51	+1:04
29.04	6:41	13:08	19:34	12:52	+1:02
30.04	6:41	13:08	19:35	12:53	+1:02
01.05	6:40	13:08	19:35	12:54	+1:01
02.05	6:40	13:07	19:35	12:55	+1:01
03.05	6:39	13:07	19:36	12:56	+0:59
04.05	6:38	13:07	19:36	12:57	+1:00
05.05	6:38	13:07	19:37	12:58	+0:59
06.05	6:37	13:07	19:37	12:59	+0:58
07.05	6:37	13:07	19:37	13:00	+0:57
08.05	6:36	13:07	19:38	13:01	+0:56
09.05	6:36	13:07	19:38	13:02	+0:55
10.05	6:35	13:07	19:39	13:03	+0:55
11.05	6:35	13:07	19:39	13:04	+0:54
12.05	6:34	13:07	19:40	13:05	+0:53
13.05	6:34	13:07	19:40	13:06	+0:52
14.05	6:33	13:07	19:40	13:06	+0:51
15.05	6:33	13:07	19:41	13:07	+0:50
16.05	6:33	13:07	19:41	13:08	+0:51
17.05	6:32	13:07	19:42	13:09	+0:48
18.05	6:32	13:07	19:42	13:10	+0:48
19.05	6:32	13:07	19:43	13:10	+0:45
20.05	6:31	13:07	19:43	13:11	+0:46
21.05	6:31	13:07	19:43	13:12	+0:44
22.05	6:31	13:07	19:44	13:13	+0:43
23.05	6:30	13:07	19:44	13:13	+0:42
24.05	6:30	13:07	19:45	13:14	+0:41
25.05	6:30	13:08	19:45	13:15	+0:40

26.05	6:30	13:08	19:46	13:15	+0:38
27.05	6:30	13:08	19:46	13:16	+0:37
28.05	6:29	13:08	19:46	13:17	+0:36
29.05	6:29	13:08	19:47	13:17	+0:35
30.05	6:29	13:08	19:47	13:18	+0:34
31.05	6:29	13:08	19:48	13:18	+0:32
01.06	6:29	13:08	19:48	13:19	+0:31
02.06	6:29	13:09	19:49	13:19	+0:29
03.06	6:29	13:09	19:49	13:20	+0:29
04.06	6:29	13:09	19:49	13:20	+0:26
05.06	6:29	13:09	19:50	13:21	+0:26
06.06	6:29	13:09	19:50	13:21	+0:24
07.06	6:29	13:09	19:50	13:21	+0:22
08.06	6:29	13:10	19:51	13:22	+0:21
09.06	6:29	13:10	19:51	13:22	+0:20
10.06	6:29	13:10	19:51	13:22	+0:18
11.06	6:29	13:10	19:52	13:23	+0:16
12.06	6:29	13:10	19:52	13:23	+0:15
13.06	6:29	13:11	19:52	13:23	+0:14
14.06	6:29	13:11	19:53	13:23	+0:12
15.06	6:29	13:11	19:53	13:23	+0:10
16.06	6:29	13:11	19:53	13:24	+0:10
17.06	6:29	13:11	19:54	13:24	+0:07
18.06	6:29	13:12	19:54	13:24	+0:06
19.06	6:30	13:12	19:54	13:24	+0:04
20.06	6:30	13:12	19:54	13:24	+0:03
21.06	6:30	13:12	19:54	13:24	+0:01
22.06	6:30	13:12	19:55	13:24	0:00
23.06	6:30	13:13	19:55	13:24	-0:02
24.06	6:31	13:13	19:55	13:24	-0:04
25.06	6:31	13:13	19:55	13:24	-0:05
26.06	6:31	13:13	19:55	13:24	-0:06
27.06	6:31	13:13	19:55	13:24	-0:08
28.06	6:32	13:14	19:56	13:23	-0:10
29.06	6:32	13:14	19:56	13:23	-0:10
30.06	6:32	13:14	19:56	13:23	-0:13
01.07	6:33	13:14	19:56	13:23	-0:15
02.07	6:33	13:14	19:56	13:23	-0:16
03.07	6:33	13:15	19:56	13:22	-0:17
04.07	6:33	13:15	19:56	13:22	-0:18
05.07	6:34	13:15	19:56	13:22	-0:20
06.07	6:34	13:15	19:56	13:21	-0:21
07.07	6:35	13:15	19:56	13:21	-0:24
08.07	6:35	13:15	19:56	13:20	-0:24
09.07	6:35	13:15	19:56	13:20	-0:26
10.07	6:36	13:16	19:56	13:20	-0:27
11.07	6:36	13:16	19:56	13:19	-0:29
12.07	6:36	13:16	19:55	13:19	-0:29
13.07	6:37	13:16	19:55	13:18	-0:32
14.07	6:37	13:16	19:55	13:18	-0:32
15.07	6:38	13:16	19:55	13:17	-0:34
16.07	6:38	13:16	19:55	13:16	-0:35

17.07	6:38	13:16	19:55	13:16	-0:36
18.07	6:39	13:17	19:54	13:15	-0:38
19.07	6:39	13:17	19:54	13:15	-0:38
20.07	6:39	13:17	19:54	13:14	-0:40
21.07	6:40	13:17	19:54	13:13	-0:41
22.07	6:40	13:17	19:53	13:12	-0:42
23.07	6:41	13:17	19:53	13:12	-0:43
24.07	6:41	13:17	19:53	13:11	-0:45
25.07	6:41	13:17	19:52	13:10	-0:45
26.07	6:42	13:17	19:52	13:09	-0:46
27.07	6:42	13:17	19:51	13:09	-0:47
28.07	6:43	13:17	19:51	13:08	-0:48
29.07	6:43	13:17	19:51	13:07	-0:50
30.07	6:43	13:17	19:50	13:06	-0:50
31.07	6:44	13:17	19:50	13:05	-0:51
01.08	6:44	13:17	19:49	13:05	-0:52
02.08	6:45	13:17	19:49	13:04	-0:52
03.08	6:45	13:17	19:48	13:03	-0:54
04.08	6:45	13:17	19:48	13:02	-0:54
05.08	6:46	13:17	19:47	13:01	-0:56
06.08	6:46	13:16	19:47	13:00	-0:56
07.08	6:47	13:16	19:46	12:59	-0:56
08.08	6:47	13:16	19:46	12:58	-0:58
09.08	6:47	13:16	19:45	12:57	-0:58
10.08	6:48	13:16	19:44	12:56	-0:58
11.08	6:48	13:16	19:44	12:55	-1:00
12.08	6:48	13:16	19:43	12:54	-1:00
13.08	6:49	13:16	19:42	12:53	-1:00
14.08	6:49	13:15	19:42	12:52	-1:01
15.08	6:49	13:15	19:41	12:51	-1:02
16.08	6:50	13:15	19:40	12:50	-1:03
17.08	6:50	13:15	19:40	12:49	-1:02
18.08	6:50	13:15	19:39	12:48	-1:03
19.08	6:51	13:14	19:38	12:47	-1:04
20.08	6:51	13:14	19:37	12:46	-1:05
21.08	6:51	13:14	19:37	12:45	-1:05
22.08	6:52	13:14	19:36	12:44	-1:04
23.08	6:52	13:13	19:35	12:43	-1:06
24.08	6:52	13:13	19:34	12:41	-1:06
25.08	6:52	13:13	19:33	12:40	-1:06
26.08	6:53	13:13	19:32	12:39	-1:07
27.08	6:53	13:12	19:32	12:38	-1:07
28.08	6:53	13:12	19:31	12:37	-1:08
29.08	6:54	13:12	19:30	12:36	-1:07
30.08	6:54	13:11	19:29	12:35	-1:08
31.08	6:54	13:11	19:28	12:34	-1:09
01.09	6:54	13:11	19:27	12:32	-1:09
02.09	6:55	13:11	19:26	12:31	-1:08
03.09	6:55	13:10	19:26	12:30	-1:09
04.09	6:55	13:10	19:25	12:29	-1:10
05.09	6:55	13:10	19:24	12:28	-1:09
06.09	6:56	13:09	19:23	12:27	-1:10

07.09	6:56	13:09	19:22	12:26	-1:10
08.09	6:56	13:08	19:21	12:24	-1:10
09.09	6:56	13:08	19:20	12:23	-1:11
10.09	6:57	13:08	19:19	12:22	-1:10
11.09	6:57	13:07	19:18	12:21	-1:11
12.09	6:57	13:07	19:17	12:20	-1:11
13.09	6:57	13:07	19:16	12:18	-1:10
14.09	6:57	13:06	19:15	12:17	-1:12
15.09	6:58	13:06	19:14	12:16	-1:11
16.09	6:58	13:06	19:13	12:15	-1:12
17.09	6:58	13:05	19:12	12:14	-1:11
18.09	6:58	13:05	19:11	12:13	-1:11
19.09	6:59	13:04	19:10	12:11	-1:12
20.09	6:59	13:04	19:09	12:10	-1:12
21.09	6:59	13:04	19:08	12:09	-1:11
22.09	6:59	13:03	19:07	12:08	-1:11
23.09	6:59	13:03	19:07	12:07	-1:12
24.09	7:00	13:03	19:06	12:05	-1:13
25.09	7:00	13:02	19:05	12:04	-1:11
26.09	7:00	13:02	19:04	12:03	-1:12
27.09	7:00	13:02	19:03	12:02	-1:12
28.09	7:01	13:01	19:02	12:01	-1:11
29.09	7:01	13:01	19:01	11:59	-1:11
30.09	7:01	13:01	19:00	11:58	-1:12
01.10	7:01	13:00	18:59	11:57	-1:12
02.10	7:02	13:00	18:58	11:56	-1:11
03.10	7:02	13:00	18:57	11:55	-1:12
04.10	7:02	12:59	18:56	11:53	-1:11
05.10	7:03	12:59	18:55	11:52	-1:12
06.10	7:03	12:59	18:54	11:51	-1:11
07.10	7:03	12:58	18:53	11:50	-1:10
08.10	7:03	12:58	18:53	11:49	-1:11
09.10	7:04	12:58	18:52	11:47	-1:11
10.10	7:04	12:57	18:51	11:46	-1:10
11.10	7:04	12:57	18:50	11:45	-1:11
12.10	7:05	12:57	18:49	11:44	-1:10
13.10	7:05	12:57	18:48	11:43	-1:10
14.10	7:05	12:56	18:47	11:42	-1:10
15.10	7:06	12:56	18:47	11:40	-1:09
16.10	7:06	12:56	18:46	11:39	-1:09
17.10	7:06	12:56	18:45	11:38	-1:09
18.10	7:07	12:56	18:44	11:37	-1:09
19.10	7:07	12:55	18:44	11:36	-1:09
20.10	7:08	12:55	18:43	11:35	-1:07
21.10	7:08	12:55	18:42	11:34	-1:08
22.10	7:08	12:55	18:41	11:33	-1:08
23.10	7:09	12:55	18:41	11:31	-1:06
24.10	7:09	12:55	18:40	11:30	-1:08
25.10	7:10	12:54	18:39	11:29	-1:05
26.10	7:10	12:54	18:39	11:28	-1:07
27.10	7:11	12:54	18:38	11:27	-1:05
28.10	7:11	12:54	18:37	11:26	-1:04

29.10	7:11	12:54	18:37	11:25	-1:05
30.10	7:12	12:54	18:36	11:24	-1:04
31.10	7:12	12:54	18:36	11:23	-1:03
01.11	7:13	12:54	18:35	11:22	-1:03
02.11	7:13	12:54	18:35	11:21	-1:02
03.11	7:14	12:54	18:34	11:20	-1:03
04.11	7:15	12:54	18:34	11:19	-1:00
05.11	7:15	12:54	18:33	11:18	-1:01
06.11	7:16	12:54	18:33	11:17	-0:59
07.11	7:16	12:54	18:32	11:16	-1:00
08.11	7:17	12:54	18:32	11:15	-0:58
09.11	7:17	12:54	18:31	11:14	-0:58
10.11	7:18	12:54	18:31	11:13	-0:57
11.11	7:18	12:55	18:31	11:12	-0:55
12.11	7:19	12:55	18:30	11:11	-0:55
13.11	7:20	12:55	18:30	11:10	-0:55
14.11	7:20	12:55	18:30	11:09	-0:53
15.11	7:21	12:55	18:30	11:08	-0:53
16.11	7:21	12:55	18:29	11:07	-0:51
17.11	7:22	12:56	18:29	11:06	-0:51
18.11	7:23	12:56	18:29	11:06	-0:49
19.11	7:23	12:56	18:29	11:05	-0:49
20.11	7:24	12:56	18:29	11:04	-0:48
21.11	7:25	12:57	18:28	11:03	-0:46
22.11	7:25	12:57	18:28	11:03	-0:45
23.11	7:26	12:57	18:28	11:02	-0:45
24.11	7:27	12:57	18:28	11:01	-0:43
25.11	7:27	12:58	18:28	11:00	-0:41
26.11	7:28	12:58	18:28	11:00	-0:41
27.11	7:28	12:58	18:28	10:59	-0:39
28.11	7:29	12:59	18:28	10:58	-0:38
29.11	7:30	12:59	18:28	10:58	-0:37
30.11	7:30	12:59	18:28	10:57	-0:35
01.12	7:31	13:00	18:28	10:57	-0:34
02.12	7:32	13:00	18:28	10:56	-0:33
03.12	7:32	13:00	18:28	10:56	-0:31
04.12	7:33	13:01	18:29	10:55	-0:29
05.12	7:34	13:01	18:29	10:55	-0:29
06.12	7:34	13:02	18:29	10:54	-0:26
07.12	7:35	13:02	18:29	10:54	-0:26
08.12	7:36	13:02	18:29	10:53	-0:23
09.12	7:36	13:03	18:30	10:53	-0:22
10.12	7:37	13:03	18:30	10:53	-0:20
11.12	7:37	13:04	18:30	10:52	-0:19
12.12	7:38	13:04	18:31	10:52	-0:18
13.12	7:39	13:05	18:31	10:52	-0:15
14.12	7:39	13:05	18:31	10:52	-0:14
15.12	7:40	13:06	18:32	10:51	-0:13
16.12	7:40	13:06	18:32	10:51	-0:10
17.12	7:41	13:07	18:32	10:51	-0:09
18.12	7:41	13:07	18:33	10:51	-0:08
19.12	7:42	13:08	18:33	10:51	-0:05

20.12	7:42	13:08	18:34	10:51	-0:04
21.12	7:43	13:08	18:34	10:51	-0:02
22.12	7:43	13:09	18:35	10:51	-0:01
23.12	7:44	13:09	18:35	10:51	+0:01
24.12	7:44	13:10	18:36	10:51	+0:03
25.12	7:45	13:10	18:36	10:51	+0:05
26.12	7:45	13:11	18:37	10:51	+0:07
27.12	7:46	13:11	18:37	10:51	+0:07
28.12	7:46	13:12	18:38	10:51	+0:10
29.12	7:46	13:12	18:38	10:51	+0:11
30.12	7:47	13:13	18:39	10:52	+0:13
31.12	7:47	13:13	18:39	10:52	+0:16

Anexo A. Clima en el 2019 Colombia**Fuente:** (Estado del tiempo, 2019)